

**Avaliação de impactos ambientais em parques
eólicos**

Guilherme Brandão de Resende

Orientadora: Prof^a. Cátia Regina Silva de Carvalho Pinto

Co-orientador: Rodrigo Sulzbach Chiesa

2010/1



Universidade Federal de Santa Catarina
Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental
Trabalho de Conclusão de Curso - ENS-5170

AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS EM PARQUES EÓLICOS

Graduando:
Guilherme Brandão de Resende

Orientadora:
Prof.^a. Dr.^a. Cátia Regina Silva de Carvalho Pinto

Co-orientador:
Eng.^o. Rodrigo Sulzbach Chiesa

RESUMO: A crescente demanda por energia, o aumento do custo de produção dos combustíveis fósseis e mais recentemente a preocupação ambiental no concernente à emissão de poluentes estão abrindo espaço para as chamadas fontes energéticas renováveis, dentre às quais recentemente vem se destacando a energia eólica. Seu potencial de desenvolvimento no Brasil é elevado e seu menor risco ambiental faz com que possua melhor aceitação pela sociedade, no entanto como toda fonte geradora de energia, causa impactos ambientais e este é principal ponto de discussão do presente trabalho.

PALAVRAS-CHAVE: alteração da paisagem, ruídos, sombras, avifauna, avaliação de impactos ambientais, energia eólica.

Florianópolis, 6 de agosto de 2010

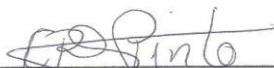
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

AValiação DE IMPACTOS AMBIENTAIS EM PARQUES EÓLICOS


GUILHERME BRANDÃO DE RESENDE

Trabalho submetido à Banca Examinadora como parte
dos requisitos para Conclusão do Curso de Graduação
em Engenharia Sanitária e Ambiental – TCC II

BANCA EXAMINADORA:



Prof.ª Dr.ª Cátia Regina Silva de Carvalho Pinto
(Orientadora)



Eng.º Rodrigo Sulzback Chiesa
(Membro da Banca)



MSc. Matheus Moller Speck
(Membro da Banca)

FLORIANÓPOLIS, (SC)
AGOSTO/2010

AGRADECIMENTOS

Gostaria de começar agradecendo a professora Cátia por toda atenção e orientação dada na elaboração deste trabalho; ao amigo e co-orientador Rodrigo pelo auxílio e oportunidade dada ao trabalhar num estudo de impacto ambiental para um parque eólico; a todos os amigos que acompanharam durante esses anos de engenharia; por último ao meu irmão Mário e meus pais Roberto e Margarida que ainda por vezes longe sempre se fizeram presentes e foram fundamentais nesse período, obrigado.

*“The answer, my friend, is blowin’ in the wind
The answer is blowin’ in the wind”
(Bob Dylan)*

SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
AIA – Avaliação de Impactos Ambientais
ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica
AWEA – American Wind Energy Association
CBEE – Centro Brasileiro de Energia Eólica
CCEE – Câmara de Comercialização de Energia Elétrica
CEC – Commission for Environmental Cooperation
CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente
CONSEMA – Conselho Estadual de Meio Ambiente
CRESESB – Centro de Referência para Energia Solar e Eólica
CTA – Centro Técnico Aeroespacial
EAS – Estudo Ambiental Simplificado
EIA – Estudo de Impacto Ambiental
EWEA – European Wind Energy Association
FATMA – Fundação do Meio Ambiente
GIS – Geographical Information System
GWEA – Global Wind Energy Association
GWEC – Global Wind Energy Council
PCH – Pequena Central Hidrelétrica
PROINFA – Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica
MME – Ministério de Minas e Energia
NBR – Norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas
NCA – Nível Critério de Avaliação
NINA – Norwegian Institute for Nature Research
SMCQ – Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental
SNH – Scottish Natural Heritage
VIEM – Visual Impact Evaluation Matrix
WPW – Wind Power Works

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	2
3. FINALIDADE	2
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	2
4.1. Setor Elétrico Brasileiro.....	2
4.1.1. <i>Participação da energia eólica na matriz energética nacional</i>	4
4.1.2. <i>Potencial eólico nacional</i>	5
4.2. Energia Eólica	8
4.2.1. <i>Histórico e perspectivas</i>	8
4.2.2. <i>Aspectos técnicos</i>	15
4.2.3. <i>Vantagens e desvantagens da energia eólica</i>	17
4.3. Legislação ambiental relativa a parques eólicos	19
5. REFERENCIAL METODOLÓGICO	24
5.1. Pesquisa exploratória	24
5.2. Pesquisa bibliográfica	25
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES	25
6.1. Avaliação dos principais impactos ambientais decorrentes dos parques eólicos.....	25
6.2. Alteração da paisagem – impacto visual	25
6.3. Geração de ruídos e sombras	37
6.3. Impactos sobre a avifauna.....	42
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	47
8. CONCLUSÃO	49
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50
ANEXOS	54
1. Potencial Eólico Anual.....	55
2. Velocidade Média Anual dos ventos na região sul	56
3. Zona de Visibilidade Teórica do Parque Eólico de Wear Point.....	57
4. Avaliação do impacto visual por fotomontagem.....	58
5. Avaliação do impacto visual por fotomontagem.....	59
6. Avaliação do impacto visual por fotomontagem.....	60
7. Avaliação do impacto visual por fotomontagem.....	61

1. INTRODUÇÃO

A crescente demanda por energia, o aumento do custo de produção dos combustíveis fósseis e mais recentemente a preocupação ambiental no concernente à emissão de poluentes estão abrindo espaço para as chamadas fontes energéticas renováveis.

As fontes de energia renováveis como indica o nome são aquelas que utilizam recursos renováveis, tais como: a radiação solar, o vento, a biomassa, a chuva, as correntes marítimas, as quedas d'água e até mesmo os resíduos sólidos.

No Brasil diferentemente de outros países a matriz de geração energética já é baseada em uma fonte renovável de energia, a hidrelétrica. No entanto como esta concentra mais da metade de toda a geração de energia do país, mais precisamente 73,2% (MME, 2009), há o risco de interrupções no fornecimento de energia quando ocorrem certos eventos sazonais, como as estiagens.

Do ponto de vista ambiental as hidrelétricas também se encontram sob discussão devido aos impactos decorrentes de sua implantação: alagamento de consideráveis extensões de terra, alteração no uso do solo, realocação de pessoas, afugentamento de espécies animais, entre outros.

Dentro deste contexto em que se buscam outras fontes de energia limpa e renovável para diversificar a geração de energia no Brasil evidencia-se a energia eólica.

Estudos já comprovaram que seu potencial para produção de energia no Brasil é elevado, porém no momento sua utilização é reduzida, seus impactos ambientais são pouco discutidos e seu custo ainda é um fator limitante.

A utilização da energia eólica comporta numerosas vantagens face às energias tradicionais, mesmo em comparação com outros tipos de energias renováveis. Entre as suas principais vantagens podemos destacar as seguintes: é inesgotável, não emite gases poluentes, os parques eólicos são compatíveis com outros usos do terreno (como, por exemplo, a agricultura ou a criação de gado) e sua implantação é rápida.

O trabalho de conclusão de curso “Avaliação de Impactos Ambientais em Parques Eólicos” buscará através de levantamentos teóricos e pesquisas documentais elucidar os impactos ambientais relacionados à implantação de parques eólicos, sua magnitude e meios de mitigação, com o intuito de demonstrar, sob o ponto de vista

ambiental a viabilidade da energia eólica como fonte geradora de energia.

2. OBJETIVOS

Geral:

- Avaliar os principais impactos ambientais relacionados à implantação e operação de parques eólicos.

Específicos:

- Identificar as vantagens da energia eólica como fonte de geração de energia e sua participação na matriz energética nacional;
- Apresentar a legislação vigente relativa à implantação de parques eólicos;
- Avaliar as possíveis medidas mitigadoras para os impactos identificados.

3. FINALIDADE

Demonstrar sob o ponto de vista ambiental a viabilidade da energia eólica como fonte geradora de energia.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A presente revisão bibliográfica visa embasar o título deste trabalho “Avaliação de Impactos Ambientais em Parques Eólicos”, para tanto num primeiro momento serão abordados o setor elétrico brasileiro, ressaltando o potencial de geração de energia eólica; posteriormente será abordada a energia eólica, seu histórico, perspectivas futuras, vantagens e desvantagens, e aspectos técnicos; na terceira parte se discutirá as principais leis envolvendo empreendimentos de geração de energia eólica.

4.1. Setor Elétrico Brasileiro

O setor elétrico Brasileiro após anos de endividamento e crise, a partir dos anos 90 implantou uma nova política na tentativa de constituir um novo modelo institucional, com a privatização como pano de fundo. Citando De Abreu (1999, p.16):

“a nova legislação para o setor permitiu a introdução do produtor independente e do autoprodutor em maior escala, os quais entrarão em competição direta com as empresas já existentes”.

O Atlas de Energia Elétrica do Brasil publicado pela Aneel (Agência Nacional de Energia Elétrica) em sua terceira edição aponta que o modelo institucional do setor de energia elétrica passou por duas grandes mudanças desde a década de 90. A primeira envolveu a privatização das companhias operadoras e teve início com a Lei no 9.427, de dezembro de 1996, que instituiu a própria Aneel e determinou que a exploração dos potenciais hidráulicos fosse concedida por meio concorrência ou leilão, em que o maior valor oferecido pela outorga (Uso do Bem Público) determinaria o vencedor. A segunda ocorreu em 2004, com a introdução do Novo Modelo do Setor Elétrico, que teve como objetivos principais: garantir a segurança no suprimento; promover a modicidade tarifária; e promover a inserção social, em particular pelos programas de universalização (como o Luz para Todos).

A renovação da legislação abriu o mercado para empresas multinacionais e para a competição no setor. Entre 2004 e 2008, a CCEE (Câmara de Comercialização de Energia Elétrica) organizou mais de 20 leilões por delegação e sob coordenação da Aneel. Dois deles, pelo menos, foram significativos pela contribuição à diversificação e ao aumento da participação de fontes renováveis na matriz nacional (Aneel, 2008).

O primeiro, em 2007, foi exclusivo para fontes alternativas. Nele foi ofertada a produção de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) e termelétricas movidas a bagaço de cana e a biomassa proveniente de criadouro avícola. No outro, realizado em 2008 e caracterizado como o primeiro leilão de energia de reserva, foi contratada exclusivamente a energia elétrica produzida a partir da biomassa, composta na maioria por usinas movidas a bagaço de cana.

O Brasil possui um dos maiores e melhores potenciais energéticos do mundo, destacando-se o potencial de aproveitamento hidráulico, contando ainda com potenciais da irradiação solar, da biomassa, da força dos ventos e das marés em abundância. Segundo Pires (2000) a base geradora de energia elétrica brasileira tem a característica de ser predominantemente hidráulica, sendo que à geração

térmica cabe uma função de complementaridade nos momentos de pico do sistema.

Essa função de complementaridade poderia ser exercida pela energia eólica cujo potencial elevado ainda é pouco aproveitado e que supriria o sistema com energia limpa tanto em situações de pico como nos casos em que há queda na produção de energia hídrica por eventos sazonais, como as estiagens.

4.1.1. Participação da energia eólica na matriz energética nacional

A participação da energia eólica na matriz de oferta de energia elétrica nacional (Tabela 1 e Gráfico 1) ainda é tímida, segundo a Resenha Energética Brasileira 2008 do Ministério de Minas e Energia, no ano de 2008 foram gerados 557GWh, menos de 1% da energia ofertada no país

Tabela 1 – Erro! Fonte de referência não encontrada.

ESPECIFICAÇÃO	GWh		08/07 %	Estrutura (%)	
	2007	2008		2007	2008
HIDRO	374.015	365.062	-2,4	77,4	73,2
NUCLEAR	12.350	13.969	13,1	2,6	2,8
GÁS NATURAL	15.497	29.596	91,0	3,2	5,9
CARVÃO MINERAL	6.792	8.179	20,4	1,4	1,6
DERIVADOS DE PETRÓLEO	13.333	15.577	16,8	2,8	3,1
BIOMASSA	18.104	20.022	10,6	3,7	4,0
GÁS INDUSTRIAL	4.492	4.376	-2,6	0,9	0,9
IMPORTAÇÃO	38.832	42.060	8,3	8,0	8,4
TOTAL	483.415	498.842	3,2	100,0	100,0

Notas: (a) inclui autoprodutores (50,1 TWh); (b) biomassa inclui 559 GWh de eólica em 2007 e 557 GWh em 2008; (c) carvão mineral inclui geração por gás de coqueria; (d) Gás industrial inclui gás de alto forno, gás de aciaria e calor de processamento de enxofre

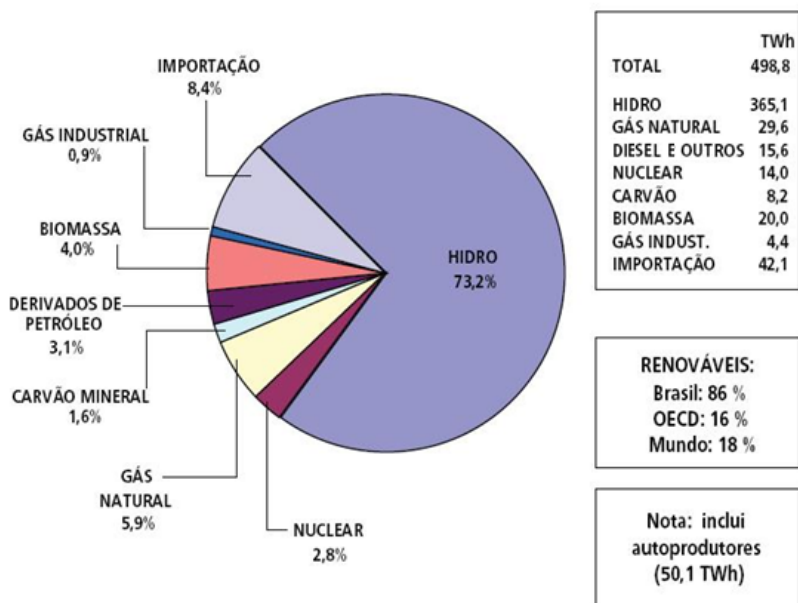


Gráfico 1 – Matriz de Oferta de Energia Elétrica (MME, 2009)

Na tabela e no gráfico anterior a participação da energia eólica encontra-se inserida dentro da biomassa.

4.1.2. Potencial eólico nacional

O Brasil possui um potencial não totalmente conhecido, porém comprovadamente maiúsculo para produção eólica. Em fins de 2006 estavam outorgadas no país 109 usinas, estimando uma geração conjunta quando em funcionamento de até 4,7GW (ANEEL, 2008), incrementando em mais de 10 vezes o atual potencial instalado. A região que mais explora esse recurso inesgotável, embora em condições ainda de subutilização, pelo potencial previsto, é o nordeste do País, tudo devido ao regime favorável originado da incidência de ventos alísios que se mantêm constante ao longo especialmente da costa do Rio Grande do Norte e Ceará.

O estado de Santa Catarina, por sua vez apresenta potencialidades mais restritas se comparadas aos estados nordestinos. Os estudos anemométricos realizados até 2008 ressaltam que os melhores

lugares podem apenas ser ocupados por parques de pequena capacidade geradora. Estudos realizados por NETO et al (2004), comprovam entretanto a possibilidade de incremento em mais de trinta vezes a atual produção catarinense, (aproximadamente 15 MW) em circunstância do aproveitamento em áreas específicas do litoral, serra e planalto.







Em 2001 o Centro de Referência das Energias Solar e Eólica (CRESESB) publicou o Atlas do Potencial Eólico Brasileiro, o atlas apresenta as condições médias anuais de vento para todo o território brasileiro na resolução de 1km x1km.

Por meio da integração dos mapas digitais, utilizando-se de recursos de geoprocessamento, cálculos de desempenho e produção de energia elétrica a partir de curvas de potência de turbinas eólicas existentes no mercado, chegou-se aos valores listados na Tabela 2. Esse processo indicativo foi realizado considerando-se as seguintes premissas (CRESESB, 2001):

- “Foram integradas todas as áreas que apresentaram velocidades médias anuais iguais ou superiores a 6 m/s.
- Foram consideradas curvas médias de desempenho de turbinas eólicas no estado-da-arte mundial, instaladas em torres de 50m de altura.
- Para essa estimativa, foi utilizada uma densidade média de ocupação de terreno de apenas 2 MW/km². Esse valor é considerado conservativo, uma vez que representa cerca de 20% do realizável por usinas eólicas em terrenos planos.
- Foram adotados intervalos com incrementos de 0,5m/s para as velocidades médias anuais de vento.
- O desempenho de turbinas eólicas foi calculado para os limites inferiores de cada intervalo.

- Foi adotado um fator de disponibilidade de 0,98, considerado típico para usinas eólicas comerciais.
- Foram descartadas da integração as áreas cobertas por água (lagos e lagoas, açudes, rios e mar)”.

Tabela 2 – Potencial eólico-elétrico estimado do Brasil (CRESESB, 2001)

REGIÃO	INTEGRAÇÃO POR FAIXAS DE VELOCIDADES					INTEGRAÇÃO CUMULATIVA			
	VENTO [m/s]	ÁREA [km²]	POTÊNCIA INSTALÁVEL [GW]	FATOR DE CAPACIDADE	ENERGIA ANUAL [TWh/ano]	VENTO [m/s]	ÁREA (CUMULATIVA) [km²]	POTÊNCIA INSTALÁVEL [GW]	ENERGIA ANUAL [TWh/ano]
	6 - 6,5	11460	22,92	0,13	25,58	>6	24206	48,41	70,49
	6,5 - 7	6326	12,65	0,17	18,46	>6,5	12746	25,46	44,91
	7 - 7,5	3000	6,00	0,26	11,33	> 7 m/s	6420	12,84	26,45
	7,5 - 8	1685	3,33	0,25	7,15	>7,5	3120	6,24	15,11
	8 - 8,5	903	1,81	0,30	4,65	>8	1454	2,91	7,96
	>8,5	551	1,10	0,35	3,31	>8,5	551	1,10	3,31
	6 - 6,5	146589	293,18	0,13	327,19	>6	245105	490,21	649,50
	6,5 - 7	60990	121,98	0,17	178,02	>6,5	98516	197,03	322,31
	7 - 7,5	24353	48,77	0,26	83,73	> 7 m/s	37526	75,05	144,29
	7,5 - 8	9185	18,37	0,25	33,43	>7,5	13143	26,25	60,58
	8 - 8,5	3088	6,18	0,30	15,91	>8	3358	7,92	21,13
	>8,5	870	1,74	0,35	5,23	>8,5	870	1,74	5,23
	6 - 6,5	41110	82,22	0,13	91,78	>6	50752	101,50	120,83
	6,5 - 7	8101	16,20	0,17	23,65	>6,5	9542	19,28	29,37
	7 - 7,5	1395	2,79	0,20	4,79	> 7 m/s	1541	3,08	5,42
	7,5 - 8	140	0,28	0,25	0,60	>7,5	146	0,29	0,63
	8 - 8,5	6	0,01	0,30	0,03	>8	6	0,01	0,03
	>8,5	0	0,00	0,35	0,00	>8,5	0	0,00	0,00
	6 - 6,5	114588	229,38	0,13	255,99	>6	175959	351,72	446,07
	6,5 - 7	46302	92,60	0,17	135,15	>6,5	61171	122,34	190,08
	7 - 7,5	11545	23,09	0,20	38,64	> 7 m/s	14569	29,14	54,93
	7,5 - 8	2433	4,87	0,25	10,44	>7,5	3324	6,65	15,29
	8 - 8,5	584	1,17	0,30	3,06	>8	891	1,78	4,84
	>8,5	297	0,59	0,35	1,78	>8,5	297	0,59	1,78
	6 - 6,5	121798	243,60	0,13	271,86	>6	171469	342,94	424,74
	6,5 - 7	38292	76,58	0,17	111,77	>6,5	49571	99,34	152,58
	7 - 7,5	9436	18,87	0,20	32,40	> 7 m/s	11379	22,76	41,11
	7,5 - 8	1573	3,15	0,25	6,75	>7,5	1343	3,89	8,71
	8 - 8,5	319	0,63	0,30	1,67	>8	370	0,74	1,95
	>8,5	57	0,11	0,35	0,34	>8,5	57	0,11	0,34
						>6	667391	1334,78	1711,62
						>6,5	231746	463,48	739,24
						> 7 m/s	71735	143,47	272,20
						>7,5	21576	43,35	100,30
						>8	6579	13,36	35,93
						>8,5	1775	3,55	10,57

Como resultado do levantamento chegou-se ao valor 143GW como potencial de geração eólica para o Brasil. Para se ter uma noção

da dimensão desta cifra, considerando para as usinas eólicas um fator de capacidade de 0,3 e que no ano temos 8760 horas, esses 143GW equivaleriam a 375,8TWh, ou seja, mais de 75% de toda energia gerada hoje no país segundo os dados da Matriz de Oferta de Energia Elétrica (MME, 2009).

Nos Anexos 1 e 2 são apresentados os mapas de Potencial Eólico Anual - Velocidade Média Anual do Brasil e Velocidade Média Anual dos Ventos somente para a região sul gerados pelo CRESESB.

4.2. Energia Eólica

4.2.1. Histórico e perspectivas

Denomina-se de energia eólica a energia cinética contida nas massas de ar em movimento (vento). O aproveitamento dessa energia se dá com emprego de turbinas eólicas, também denominadas aerogeradores. O movimento das pás gera energia cinética (mecânica) que é então convertida em energia elétrica.

O uso da energia eólica por meio dos moinhos de vento já ocorre há muitos anos para o bombeamento de água, moagem de grãos e outras aplicações que envolvem energia mecânica.

Segundo Wizelius (2007) a primeira turbina eólica produzida para fins de geração de energia elétrica foi construída em 1892 pelo professor dinamarquês Paul La Cour (Figura 1), em 1908 já haviam 72 aerogeradores de 10 a 12kW cada em funcionamento na Dinamarca, porém somente com a crise do petróleo da década de 1970 é que houve interesse e investimentos suficientes para viabilizar o desenvolvimento desta indústria em larga escala.



Figura 1 – Primeira turbina eólica de Paul La Cour (BOST, 2002)

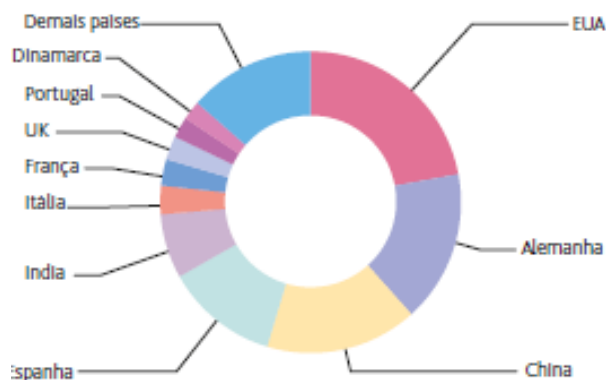
Na década de 1990 além do âmbito econômico passou-se a focar mais nos aspectos ambientais para utilização das fontes de “energia limpa”, a crescente preocupação com as emissões de dióxido de carbono e demais gases causadores do efeito estufa, foi discutida na conferência das Nações Unidas para o meio ambiente no Rio de Janeiro em 1992 - ECO 92.

Posteriormente, em 1997 no Japão surgiu o Protocolo de Kyoto no qual foram estabelecidas metas específicas para combater o aquecimento global, através da redução das emissões de gases causadores do efeito estufa até o ano de 2012.

Países como Alemanha e Dinamarca introduziram então programas específicos de incentivo a geração eólica de energia. Nestes países, o apoio financeiro dado a energia eólica não fez parte somente de uma política ambiental, mas também de uma política econômica, o apoio à energia eólica, promovendo o crescimento de fabricantes de turbinas, com consequente criação de novos empregos e crescimento econômico (Wizelius, 2007). Um resultado dessa política é que atualmente duas das maiores fabricantes de turbinas eólicas do mundo são a alemã Enercon e a dinamarquesa Vestas.

Nos últimos anos o desenvolvimento de projetos e da indústria eólica norte-americana foi notável tanto que, de acordo com dados do

último relatório do GWEC (Global Wind Energy Council), os Estados Unidos são hoje o país com a maior capacidade instalada de energia eólica no mundo, com 35064MW, ou seja, 22,1% do total mundial. O Gráfico 2 abaixo mostra as dez maiores capacidades instaladas de energia eólica no mundo ao fim de 2009.



	MW	%
EUA	35.064	22,1
China	25.805	16,3
Alemanha	25.777	16,3
Espanha	19.149	12,1
India	10.926	6,9
Itália	4.850	3,1
França	4.492	2,8
UK - Reino Unido	4.051	2,6
Portugal	3.535	2,2
Dinamarca	3.465	2,2
Demais países	21.391	13,5
Total 10 principais países	137.114	86,5
Total mundial	158.505	100,0

Gráfico 2 – As dez maiores capacidades instaladas de energia eólica no mundo ao fim de 2009 (GWEC, 2010)

Mais marcante que os números relativos ao potencial eólico norte-americano são os do mercado chinês que somente no ano praticamente duplicou a sua capacidade instalada, representando 36% do potencial eólico instalado em 2009 (Gráfico 3).

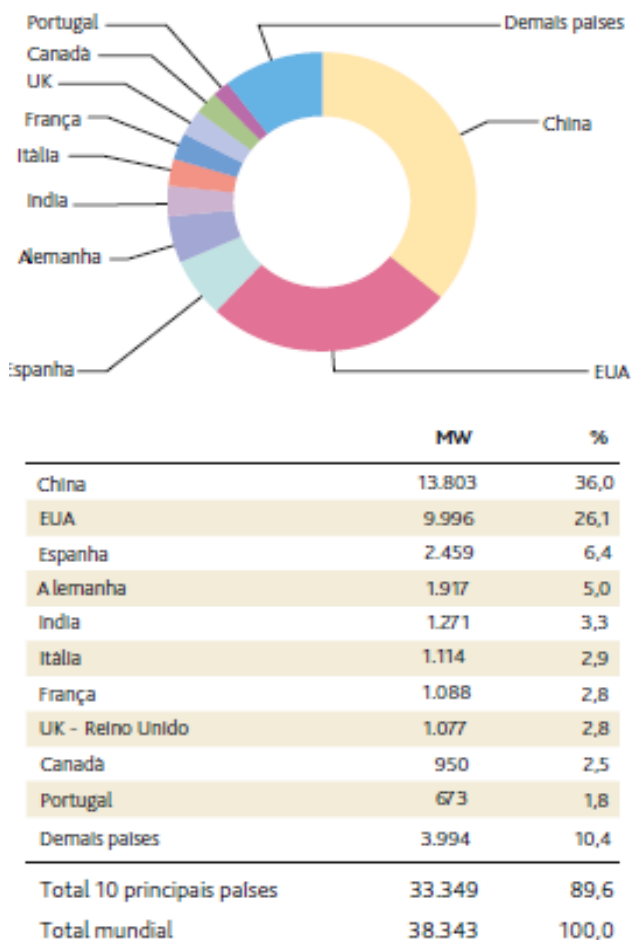


Gráfico 3 – As dez maiores capacidades instaladas de energia eólica no mundo durante o ano de 2009 (GWEC, 2010)

Como visto nos gráficos anteriores a capacidade instalada de geração eólica já se aproxima de 160GW e segundo estimativas da GWEC (Global Wind Energy Council) esta capacidade deve superar 400GW em 2014 (Gráfico 4). Acompanhando a tendência de crescimento que vem desde 1996 (Gráfico 5).

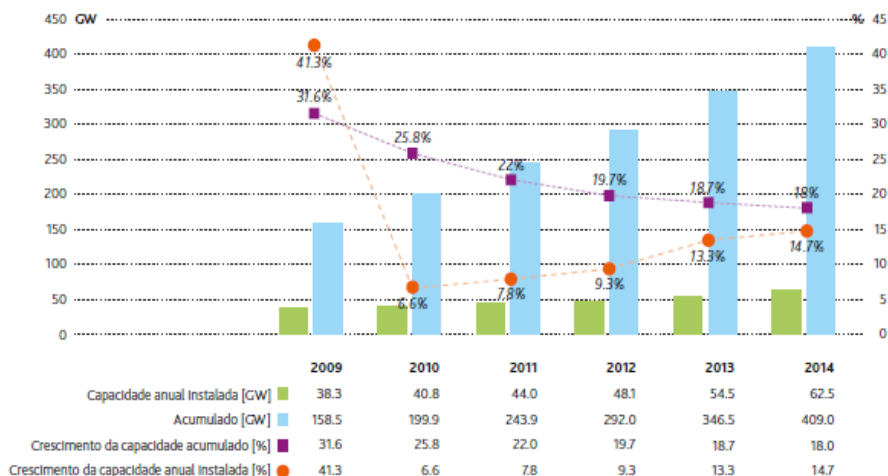


Gráfico 4 – Estimativa da geração de energia eólica até 2014 (GWEC, 2010)

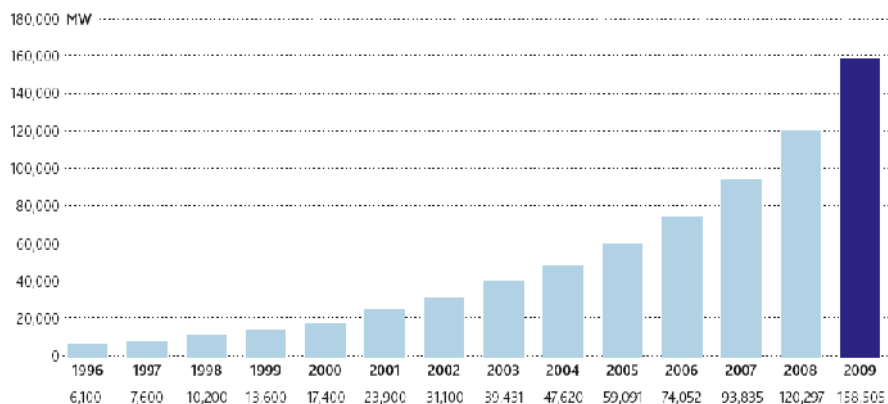


Gráfico 5 – Evolução das capacidades instaladas de energia eólica (GWEC, 2010)

No Brasil a grande disponibilidade hídrica associada a política energética adotada durante o governo militar que preteriu as demais fontes de energia e promoveu o desenvolvimento hidroelétrico, fez com que os primeiros estudos com energia eólica iniciassem somente em 1976 nos laboratórios do Centro Técnico Aeroespacial (CTA), com a instalação em 1979 de um primeiro gerador piloto no Rio Grande de Norte, tendo este operado por nove meses (CHESF-BRASCEP, 1987).

Hoje o Brasil, conforme o mais recente relatório da GWEA (Global Wind Energy Association), ocupa a vigésima quarta posição entre os países produtores de energia eólica, com uma capacidade instalada de 338,5MW no fim de 2008, é o líder dentro da América Latina (Tabela 3). O GWEC aponta como uma das razões para a liderança do Brasil na América Latina, além do potencial eólico natural mencionado anteriormente, o programa PROINFA do Governo Federal que teve início em 2002 e tem por meta incrementar 1400MW a capacidade instalada de energia eólica e de outras fontes renováveis.

Tabela 3 – Capacidades instaladas de energia eólica no mundo
(GWEC, 2010)

		Fim de 2008	Novas em 2009	Total ao fim de 2009
AFRICA & ORIENTE MEDIO	Egipto	365	65	430
	Marrocos	134	119	253
	Iran	85	7	91
	Tunisia	20	34	54
	Cabo Verde	12	0	12
	África do Sul	8	0	8
	Israel	8	0	8
	Quênia	0	5	5
	Outros	4	0	4
	Total	635	230	865
ASIA	China	12.020	13.803	25.805
	Índia	9.655	1.271	10.926
	Japão	1.880	178	2.056
	Taiwan	358	78	436
	Coreia do Sul	236	112	348
	Filipinas	33	0	33
	Outros	6	0	6
	Total	24.188	15.442	39.610
EUROPA	Alemanha	23.903	1.917	25.777
	Espanha	16.689	2.459	19.149
	Itália	3.736	1.114	4.850
	França	3.404	1.088	4.492
	Reino Unido	2.974	1.077	4.051
	Portugal	2.862	673	3.535
	Dinamarca	3.163	334	3.465
	Países Baixos	2.225	39	2.259
	Suécia	1.048	512	1.560
	Irlanda	1.027	233	1.260
	Grecia	985	102	1.087
	Áustria	995	0	995
	Turquia	458	343	801
	Polónia	544	181	725
	Bélgica	415	149	563
	Outros	1.313	304	1.614
	Total Europa	65.741	10.526	76.152
AMÉRICA LATINA & CARIBE	Brasil	341	264	606
	México	85	117	202
	Chile	20	148	168
	Costa Rica	74	50	123
	Nicaragua	0	40	40
	Caribe	35	0	35
	Argentina	29	2	31
	Uruguai	20	0	20
	Jamaica	22	1	23
	Colômbia	20	0	20
	Outros	6	0	6
	Total	653	622	1.274
AMÉRICA DO NORTE	EUA	25.068	9.996	35.064
	Canadá	2.369	950	3.319
	Total	27.437	10.946	38.383
OCEANIA	Austrália	1.306	406	1.712
	Nova Zelândia	325	171	497
	Ilhas do Pacífico	12	0	12
	Total	1.643	577	2.221
	Total mundial	120.297	38.343	158.505

4.2.2. Aspectos técnicos

As turbinas eólicas de eixo horizontal têm suas estruturas mecânicas posicionadas no alto de uma torre de forma paralela ao solo, são largamente empregadas ao redor do mundo, praticamente todos os aerogeradores conectados às redes de transmissão de energia utilizam este modelo de turbina (MANWELL, McGOWAN e ROGERS, 2002).

Os aerogeradores de eixo horizontal podem ainda diferenciar-se devido ao número de pás do rotor (uma, duas ou três). A maior parte dos fabricantes utiliza o conceito de três pás devido este desenho, entre outras vantagens, favorecer a estabilidade da turbina.

O modelo de três pás com maior capacidade de produção nominal de energia em produção hoje é o aerogerador E126 (Figura 2) fabricado pela alemã Enercon, sua capacidade individual é de 6MW e seu rotor tem 126 metros de diâmetro.



Figura 2 – Aerogerador E126 em instalação (ENERCON, 2008)

A Figura 3, publicada pelo Centro Brasileiro de Energia Eólica (CBEE, 2000), exibe os principais componentes de um aerogerador moderno.

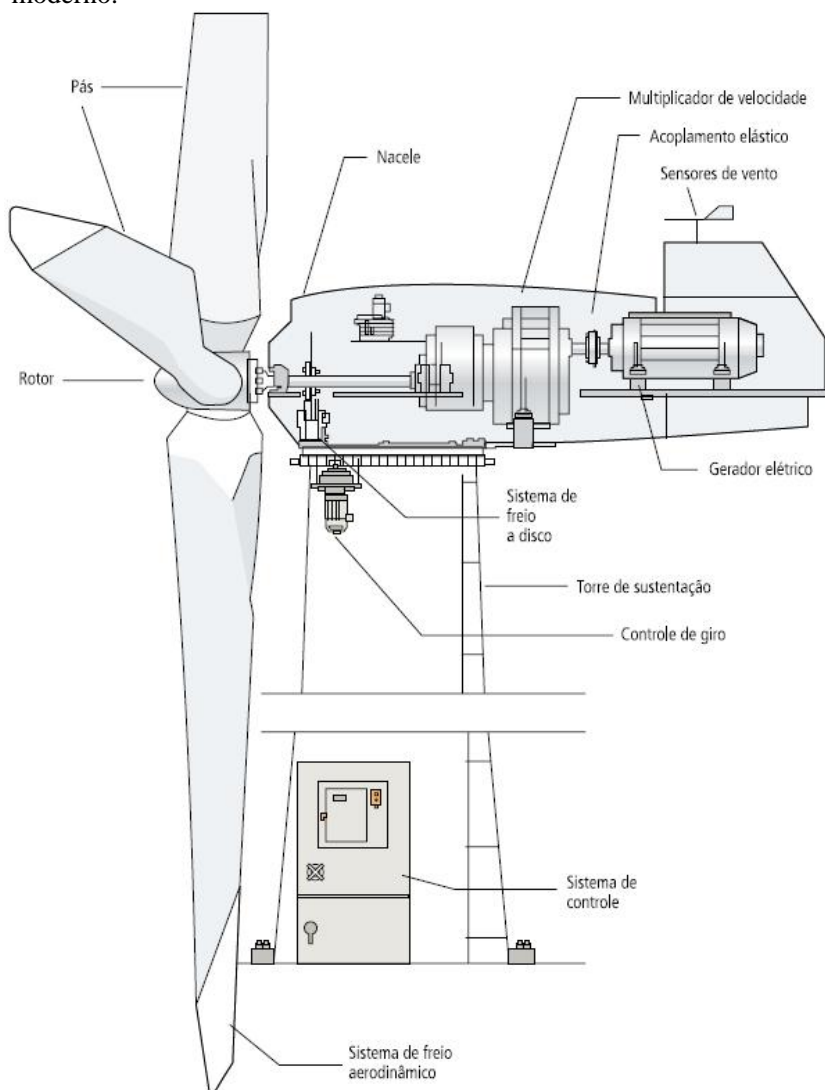


Figura 3 – Desenho esquemático de uma turbina eólica moderna (CBEE, 2000)

4.2.3. Vantagens e desvantagens da energia eólica

Os projetos de energia eólica, uma vez instalados oferecem como principais vantagens: a não emissão de quaisquer gases a atmosfera, não contaminação dos recursos hídricos e não geração de resíduos sólidos. As emissões totais de gases durante ciclo de vida do combustível (vento), mesmo levando em consideração a instalação e os ciclos de operação são muito baixas se comparadas aos combustíveis fósseis e até mesmo se comparada com outras fontes renováveis (*Commission for Environmental Cooperation* – CEC, 2009).

Além das vantagens relacionadas às emissões cabe ressaltar que o combustível (vento) é gratuito, e que apesar de os parques eólicos necessitarem de extensões de terra consideráveis, em geral 99% de sua área total (Wizelius, 2007) podem ser utilizadas da mesma forma que era antes da instalação do empreendimento (Figura 4).



Figura 4 – Parque eólico em meio a uma plantação de algodão (WPW, 2009)

Quanto a necessidade de área um parque eólico necessita em média de 0,018 a 0,49ha/MW (MILBORROW, *apud* WIZELIUS, 2007). Estudos ainda comprovam que a produtividade energética em relação à área ocupada em kWh/m² para a energia eólica se assemelha a das termelétricas a gás e supera as demais fontes (Gráfico 6).

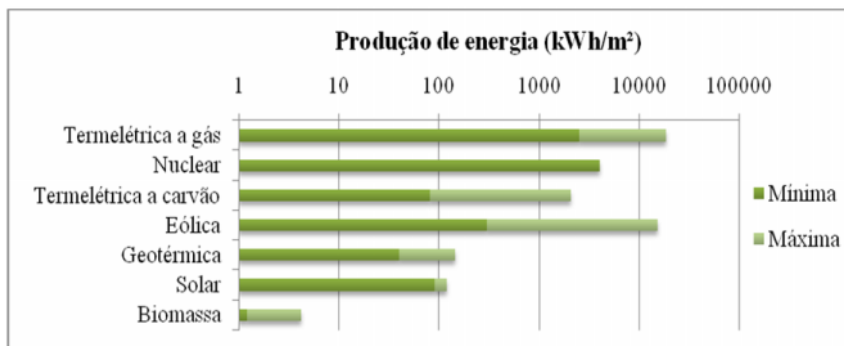


Gráfico 6 – Área necessária em relação a produtividade (Adaptado de MILBORROW, *apud* WIZELIUS, 2007).

Essa comparação só não é possível em relação às hidrelétricas, pois a relação entre área ocupada e produtividade destas varia muito conforme a topografia regional. Por exemplo, a hidrelétrica de Itaipú produz 82 kWh/m² de área e a hidrelétrica de Itá gera 123 kWh/m², enquanto a pequena central hidrelétrica (PCH) Angelina, localizada no estado de Santa Catarina próximo a Florianópolis, fornece 575 kWh/m².

No lado negativo além dos impactos ambientais que serão detalhados posteriormente na etapa de resultados há dois pontos principais, o primeiro concerne à confiabilidade da energia eólica como fonte geradora de energia e o segundo é o seu custo.

O primeiro fato é de certa forma um mito, a energia eólica é variável, porém previsível isso não significa que ela não seja confiável. A geração de eletricidade por meio de turbinas eólicas depende da força dos ventos, logo os locais onde são construídos os parques são escolhidos com base em longos estudos anemométricos, para determinar o padrão de vento atuante, força e direção predominante, ao longo do dia e do ano, isso permite prever a disponibilidade e consequente distribuição da energia (WIND DIRECTIONS, 2007).

Quanto ao custo conforme a EWEA (European Wind Energy Association, 2009) nos últimos 20 anos o custo da energia provida por fontes eólicas caiu em mais de 80%. No começo da década de 1980, quando as primeiras turbinas de larga escala começaram a ser utilizadas a energia gerada custava cerca de 30 centavos de dólares americanos por quilowatt-hora. Hoje com o desenvolvimento de grandes parques eólicos

e turbinas de maior potencial este custo pode chegar a menos de 5 centavos de dólares americanos por quilowatt-hora.

Já o jornal norte americano The New York Times em um artigo de sua edição do dia 28 de março de 2009 menciona que: *“uma termelétrica a carvão moderna de desenho convencional, sem tecnologia de captura de dióxido de carbono antes que ele chegue ao ar, produz energia a um custo 7,8 centavos de dólares americanos por quilowatt-hora; uma usina a gás natural de alta eficiência, 10,6 centavos de dólares americanos por quilowatt-hora; um reator nuclear novo, 10,8 centavos de dólares americanos por quilowatt-hora. Um parque eólico em uma locação favorável 9,9 centavos de dólares americanos por quilowatt-hora.”*

É bom ressaltar que ambos os casos expressam dados da realidade norte americana, no entanto vários outros estudos afirmam que a crescente utilização da energia eólica e o domínio de sua tecnologia apontam para uma queda nos custos da energia eólica ao redor do mundo. A Comissão Européia, por exemplo, fala em custos de 3,1 a 4,4 centavos de euro por quilowatt-hora para o ano de 2009 em uma turbina moderna de tamanho médio (até 1,5MW).

4.3. Legislação ambiental relativa a parques eólicos

A legislação federal menciona os empreendimentos eólicos e suas respectivas exigências para implementação na Resolução nº279 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) da seguinte forma:

“Art. 1º Os procedimentos e prazos estabelecidos nesta Resolução aplicam-se, em qualquer nível de competência, ao licenciamento ambiental simplificado de empreendimentos elétricos com pequeno potencial de impacto ambiental, aí incluídos:

...

IV - Usinas Eólicas e outras fontes alternativas de energia.

Parágrafo único. Para fins de aplicação desta Resolução, os sistemas associados serão analisados conjuntamente aos empreendimentos principais.

Art. 2º Para os fins desta Resolução, são adotadas as seguintes definições:

I - Relatório Ambiental Simplificado RAS: os estudos relativos aos aspectos ambientais relacionados à localização, instalação, operação e ampliação de uma atividade ou empreendimento, apresentados como subsídio para a concessão da licença prévia requerida, que conterá, dentre outras, as informações relativas ao diagnóstico ambiental da região de inserção do empreendimento, sua caracterização, a identificação dos impactos ambientais e das medidas de controle, de mitigação e de compensação.

II - Relatório de Detalhamento dos Programas Ambientais: é o documento que apresenta, detalhadamente, todas as medidas mitigatórias e compensatórias e os programas ambientais propostos no RAS.

III - Reunião Técnica Informativa: Reunião promovida pelo órgão ambiental competente, às expensas do empreendedor, para apresentação e discussão do Relatório Ambiental Simplificado, Relatório de Detalhamento dos Programas Ambientais e demais informações, garantidas a consulta e participação pública.”

Em julho de 2009 o órgão ambiental do estado de Santa Catarina (FATMA) publicou a instrução normativa IN 53 sobre a Produção de Energia Eólica. Esta reiterou os critérios estabelecidos pelas resoluções 01/2006 e 03/2008 do CONSEMA (Conselho Estadual de Meio Ambiente), estas aprovaram a “Listagem das Atividades Consideradas Potencialmente Causadoras de Degradação Ambiental passíveis de licenciamento ambiental pela Fundação do Meio Ambiente – FATMA e a indicação do competente estudo ambiental para fins de licenciamento”.

Dentro dessa listagem a Produção de Energia Eólica está classificada da seguinte forma:

- Potencial Poluidor/Degradador:

Ar: Médio; Água: Pequeno; Solo: Médio; Geral: Médio

- Porte: P 10MW: pequeno (requer Estudo Ambiental Simplificado - EAS)
- P 30MW: grande (requer Estudo de Impacto Ambiental - EIA)
- Os demais: médio (requer Estudo de Impacto Ambiental - EIA)

Numa tentativa de estimular o desenvolvimento da energia eólica no Brasil a Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental – SMCQ realizou em junho de 2009 uma pesquisa com os órgãos estaduais de meio ambiente e com o IBAMA cujo objetivo foi avaliar os procedimentos de Licenciamento Ambiental e a Normalização de empreendimentos voltados à geração de energia elétrica a partir da fonte eólica.

Dentre os dados levantados na pesquisa a Tabela 4 apresenta um interessante resumo dos estados que apresentam empreendimentos de energia eólica, estudos e critérios adotados.

Tabela 4 – Estados com empreendimentos de energia eólica e legislação vigente (SMCQ, 2010)

ESTADOS QUE APRESENTAM EMPREENDIMENTOS DE GERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA				
Estado	Órgão Licenciador	Estudos Solicitados	Critérios Adotados	Normas Legais
Bahia	IMA	RAS	Baixo Impacto Ambiental	CONAMA 01/86, 237/97, 303/02, 369/06; Lei 4771/65; Lei 10431/06; Decreto 11235/08; Res. ANEEL 245/99, Lei 9648/98
Ceará	SEMACE	RAS	Potência instalada, localização e tamanho do parque eólico	CONAMA 01/86, 237/97, 279/01; COEMA 08/04
Espírito Santo	SFAMA	RAS	Número de aerogeradores e localização do parque eólico	Normas federais e decreto 1777-R
Minas Gerais	FEAM	EIA/RIMA ; RAS	Potência instalada	CONAMA 01/86; Lei estadual florestal DN COPAM 074/04
Paraíba	SUDEMA	RAS	Potência instalada e localização do parque eólico	CONAMA 01/86, 237/97, 279/01
Paraná	IAP	EIA/RIMA ; RAS	Potência instalada, localização e tamanho do parque eólico	CONAMA 01/86, 237/97, 279/01
Piauí	SEMAR	RAS	CONAMA 270/01	CONAMA 237/97, 279/01; Leis 6938/81, 9433/97, 4854/96, Lei est. 5165/00
Rio Grande do Norte	IDEMA	RAS	Localização do parque eólico	CONAMA 279/01, 303/02, 369/06; Código Florestal; Lei est. 272/04; Legislação de Uso e Ocupação do Solo Municipal; Decreto 5300/04
Rio Grande do Sul	FEPAM	EIA/RIMA ; RAS	Localização do parque eólico e um termo de referência existente	AMA 237/97; CONAMA 369/06, 302/02, 303/02; Código Florestal; Lei est. 11520; Lei da Mata Atlântica; Código Florestal Estadual; Decreto 6660/08
Santa Catarina	FATMA	EIA/RIMA ; RAS	Potência instalada	Resolução CONSEMA 03/2008; Código Estadual do Meio Ambiente
Sergipe	AFMA	RAS	Potência instalada, número de aerogeradores e localização do parque eólico	Resoluções CONAMA 237/97, 302/02, 303/02, 279/01; NBR10151 e 10152

Percebe-se a diferença nos critérios adotados por cada estado, somente Santa Catarina e Minas Gerais adotam como único critério de avaliação a potência instalada. Neste ponto o CONSEMA de Santa Catarina peca, pois classifica a necessidade de estudos ambientais para

projetos de geração eólica, da mesma forma que termelétricas e hidrelétricas, não tomando em consideração a área a ser ocupada e potencialmente degradada. Tal fator prejudica o desenvolvimento da energia eólica já que uma de suas grandes vantagens é poder gerar uma capacidade elevada de energia em uma área sem alterar o uso do solo no local.

Outro levantamento importante feito pela pesquisa da SMCQ refere-se a opinião dos órgãos estaduais de meio ambiente em relação aos potenciais impactos de um parque eólico (Tabela 5).

Tabela 5 – Opinião dos órgãos estaduais em relação aos impactos da energia eólica (SMCQ, 2010)

Estado	Impactos potenciais de empreendimentos de geração de energia eólica
Bahia	Impacto Visual, acessos, interferência eletromagnética, socioeconômicos (positivos e negativos).
Ceará	Incremento na oferta de energia, alteração da paisagem, afugentamento da fauna, desconforto ambiental causado por obras de terraplenagem.
Espírito Santo	Impactos sobre fauna (avifauna e quirópteros), geração de ruído e efeito flicker.
Minas Gerais	*
Paraíba	São os impactos relacionados a sua implantação e quanto a localização.
Paraná	Impacto visual, ruído, impactos na avifauna, impactos relativos à fase de obras dos empreendimentos.
Piauí	Modificação da drenagem e relevo, aumento da suscetibilidade a erosão eólica, perturbações e fuga da avifauna, degradação da área de jazidas e modificação da paisagem.
Rio Grande do Norte	Impactos na fase de implantação, onde os aerogeradores são instalados, necessitando de escavações para as fundações e acessos, provocando desmatamento e erosão, com impactos no solo e biota.
Rio Grande do Sul	Os impactos são em relação à avifauna, quirópteros, drenagem e ruídos.
Santa Catarina	Paisagístico ou visual e os demais impactos existentes com fauna e flora podem ser minimizados com planos de monitoramento.
Sergipe	Alteração da paisagem.
IBAMA	Impactos sobre avifauna e uso do solo.

A nível de comparação autores renomados na área da energia eólica como GIPE (2004) e Wizelius (2007) mencionam em seus trabalhos leis de governos como Dinamarca, Suécia, Reino Unido e Alemanha, que especificam desde a distância mínima que um aerogerador deve estar de uma zona urbana por razões visuais e de ruídos, além da forma correta de medir os ruídos da turbina, até a quantidade limite de horas com sombra causada por um aerogerador que uma residência pode ter por dia e ano.

Uma solução para a melhor avaliação dos impactos e consequentemente fomento do uso da energia eólica a nível nacional seria a criação de critérios, ou mesmo de um termo de referência, que congrega-se os aspectos levantados nas esferas estaduais pela pesquisa do SMCQ aliados a um embasamento teórico, tal documento eliminaria as eventuais discrepâncias existentes atualmente nos processos de licenciamento ambiental, tornando-o mais simples e ágil.

5. REFERENCIAL METODOLÓGICO

Dadas às características do tema a metodologia utilizada pode ser classificada pesquisa exploratória, sendo esta desenvolvida com base na fundamentação teórica conceitual, revisões bibliográficas, buscando-se investigar os problemas de acordo com os objetivos propostos (GIL, 2002).

5.1. Pesquisa exploratória

Essa categoria de pesquisa tem segundo Gil (2002, p.41):

“objetivo de proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou constituir hipóteses”.

Para Malhotra (2001), o objetivo principal é possibilitar a compreensão do problema enfrentado pelo pesquisador. A pesquisa exploratória é usada em casos nos quais é necessário definir o problema com maior precisão e identificar cursos relevantes de ação ou obter dados adicionais antes que se possa desenvolver uma abordagem.

O planejamento desta categoria de pesquisa é bastante flexível e envolve levantamento bibliográfico, entrevistas com pessoal com experiência com o problema e análise de exemplos para melhor compreensão do mesmo. Apesar desta flexibilidade no desenvolvimento da pesquisa exploratória, usualmente assume a forma de pesquisa bibliográfica ou estudo de caso (GIL, 2002).

No levantamento bibliográfico efetuado neste trabalho considerou-se os empreendimentos eólicos como um todo. Como mencionado previamente dada a abrangência do tema focou-se nos impactos que levantam mais discussão dentro da área. Além das ferramentas usuais adotadas em pesquisas bibliográficas a troca de emails com profissionais da área foi essencial para a

fundamentação e melhor embasamento técnico em relação ao tema.

5.2. Pesquisa bibliográfica

A pesquisa bibliográfica é caracterizada por seu meio de desenvolvimento, com base em materiais já elaborados, como leis, livros, publicações periódicas e artigos científicos. Apresenta como principal vantagem a cobertura de uma gama de fenômenos mais ampla que a pesquisa direta. No entanto é necessário estar alerta principalmente para fontes secundárias que possivelmente apresentem dados coletados ou processados equivocadamente. (GIL, 2002)

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1. Avaliação dos principais impactos ambientais decorrentes dos parques eólicos

Os parques eólicos como quaisquer obras de grande porte produzem diferentes impactos sobre os meios físico, biótico e socioeconômico. Alguns destes são comuns a demais obras civis e outros por sua vez são mais característicos deste tipo de empreendimento. Serão detalhados os três impactos mais discutidos desses empreendimentos: alteração da paisagem (impacto visual), geração de ruídos e sombras e impactos sobre a avifauna. Após serão listados os demais impactos levantados durante um estudo ambiental para instalação de um parque eólico.

Prever os impactos é um dos passos principais para sua análise. Segundo SÁNCHEZ (2006), pode-se formular a previsão de impactos como:

- Estimar a magnitude (intensidade) dos impactos ambientais;
- Fornecer informações para a avaliação da importância dos impactos;
- Prognosticar a situação futura do ambiente com o projeto em análise;
- Comparar alternativas;

- Fornecer subsídios para a definição de medidas mitigadoras.

No caso de um parque eólico a análise e previsão dos impactos estão diretamente ligadas à locação das turbinas, para tanto diferentes fatores têm de ser considerados. O mais importante é, claro, a disponibilidade de ventos. A presença de montanhas, construções e o tipo de vegetação influenciam o vento e, portanto devem ser estudados detalhadamente antes do estabelecimento do empreendimento.

As turbinas e estruturas pré-fabricadas de grande envergadura e peso precisam muitas vezes ser transportadas até o local, instaladas e então conectadas às linhas de transmissão. A distância dos acessos existentes, o custo da construção de novos acessos, as condições do terreno e a distância para conexão às linhas de transmissão também são aspectos-chave a serem avaliados anteriormente.

Wizelius (2007), menciona alguns pontos a serem esclarecidos pelo empreendedor após identificadas as áreas com bons recursos eólicos:

- **Vizinhança** – O ruído e o movimento das sombras não devem perturbar os vizinhos do empreendimento, logo, será possível posicionar os aerogeradores de forma a evitar tais distúrbios?
- **Conexão a rede** – Existem linhas de transmissão com capacidade suficiente para se conectar as turbinas a uma distância razoável?
- **Terreno** – Quem é dono da área? Existem proprietários de terra interessados em vender ou arrendar a terra para a instalação dos aerogeradores?
- **Autorizações** – As chances de obtenção das licenças para execução do projeto são boas?
- **Interesses opostos** – Existem na área de interesse instalações militares, aeroportos, áreas de conservação da natureza ou outros fatores que podem parar o projeto?

- **Aceitação local** – Qual a opinião da população local acerca da instalação de um parque eólico na vizinhança?

O CEC (*Comission for Environmental Cooperation*) órgão ambiental norte americano no intuito de ajudar a calcular os benefícios e impactos das energias renováveis e convencionais utiliza os parâmetros presentes na **Erro! Fonte de referência não encontrada..**

Tabela 6 – Parâmetros para avaliação dos benefícios de fontes energéticas (CEC, 2009)

USO DO SOLO	<ul style="list-style-type: none"> - Área total do terreno - Área utilizada pelos equipamentos e instalações - Influência sobre os solos adjacentes - Usos concorrentes - Efeitos ao longo prazo após o fechamento das instalações - Efeito visual
CONSUMO DE ÁGUA	<ul style="list-style-type: none"> - Volume total utilizado - Uso consuntivo - Outros usos
QUALIDADE DA ÁGUA E EFLUENTES	<ul style="list-style-type: none"> - Efeitos devido a diferenças de temperatura - Descargas tóxicas, radioativas ou mudanças de qualidade - pH dos lançamentos - Sedimentação
RESÍDUOS SÓLIDOS E CONTAMINAÇÃO DO SOLO	<ul style="list-style-type: none"> - Resíduos de mineração contaminados - Outros resíduos sólidos - Efeitos ao longo prazo após o fechamento das instalações
BIODIVERSIDADE	<ul style="list-style-type: none"> - Alteração ou contaminação de habitats e locais de trânsito de espécies - Efeitos em espécies raras ou ameaçadas - Introdução de pragas ou espécies exóticas - Efeitos no solo e em espécies vizinhas

Sob os parâmetros supracitados a avaliação do CEC sobre a energia eólica está descrita a seguir na **Erro! Fonte de referência não encontrada..**

Tabela 7 – Possíveis efeitos da fonte de energia nos meios

Fonte de energia	Uso do solo	Consumo de água	Qualidade da água e efluentes	Resíduos sólidos e contaminação do solo	Biodiversidade
Eólica	<p><u>Moderado:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - As centrais ocupam uma área considerável, porém tanto em terra como em alto mar permitem uso concomitante para atividades rurais, agrícolas ou marinhas. - Ocupação total do solo de 5-30 ha/MW, dependendo do desenho do projeto - 5-10% dessa superfície normalmente está ocupada pelas turbinas. - Ruído para os moradores locais se a distância entre as turbinas instaladas e as zonas não for suficiente. - O efeito visual pode ser importante (subjetivo). 	<u>Nulo</u>	<u>Nulo</u>	<p><u>Baixo:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Alterações somente na etapa de construção. 	<p><u>Baixo:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Efeitos sobre as aves, se o projeto estiver mal situado os impactos podem ser importantes. - Não se conhecem bem a extensão e os efeitos que o ruído pode ter. - Risco de fragmentação de habitats e corredores migratórios

(Adaptado de CEC, 2009)

6.2. Alteração da paisagem – impacto visual

O impacto visual causado por um aerogerador ou pelo agrupamento de vários é difícil de ser avaliado quantitativamente ou objetivamente. Uma turbina eólica que possa ser vista desde um local não resulta em si em um impacto, pois visibilidade não é o mesmo que impacto visual.

Fatores objetivos ou subjetivos, como, a distância entre as turbinas, seu tamanho e número, cor, condições ambientais, quanto tempo as pessoas podem visualizá-las, distância, e etc, tornam a avaliação do impacto visual extremamente complicada (MÖLLER, 2005).

HURTADO *et al* (2004) propõem no artigo “Spanish method of visual impact evaluation in wind farms” um procedimento bastante interessante para quantificar e avaliar os impactos visuais com o uso da topografia, dados das turbinas e ferramentas de GIS (Figura 5). Desenvolveram uma matriz para avaliação dos impactos visuais (VIEM), esta matriz leva em consideração diversos coeficientes que correspondem a visibilidade do parque eólico, população das áreas próximas, distância entre as turbinas e as áreas habitadas, etc. O resultado final é um número que permite avaliar o nível do impacto.

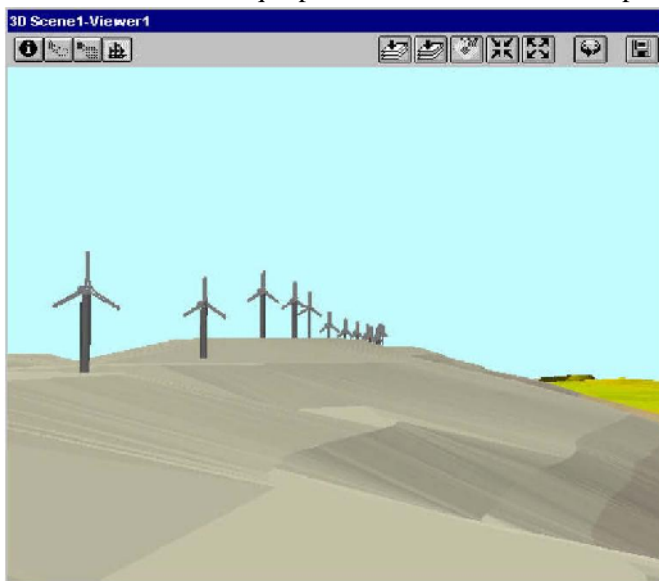


Figura 5 – Imagem 3D de um programa de GIS mostrando um parque eólico (HURTADO *et al*,2004)

TSOUTSOS *et al* (2009) apresentam certos passos prévios a utilização do método espanhol de avaliação do impacto cênico.

- Registro de alguns parâmetros concernentes a visibilidade da turbinas eólicas e também à visibilidade de certos pontos de interesse nas proximidades do parque eólico (cidades, rodovias, igrejas),
- Cálculo de cinco coeficientes utilizados para avaliação do impacto visual;
- Avaliação parcial dos impactos visuais;
- Completa avaliação do impacto visual.

Os passos prévios a obtenção dos coeficientes de avaliação do impacto visual pelo método espanhol estão resumidos na Figura 6.

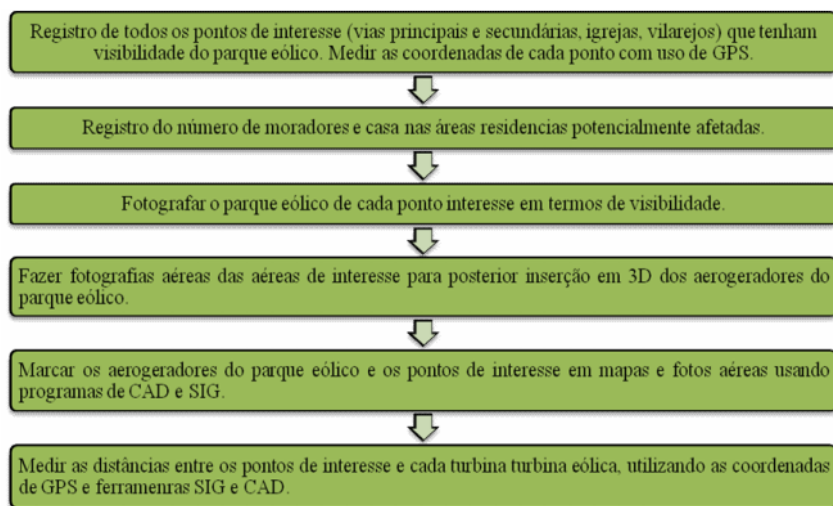


Figura 6 – Passos prévios a obtenção dos coeficientes de avaliação do impacto visual pelo método espanhol

Coefficiente de visibilidade do parque eólico desde um vilarejo ou cidade “a”. A cidade é dividida em várias áreas uma vez que esta não é afetada de maneira uniforme, logo o coeficiente é um valor médio. Calculado de acordo com a seguinte expressão:

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{X_i}{WM}}{n}$$

Onde: n é o número de áreas dentro da cidade com visibilidade para o parque eólico, X_i é o número de aerogeradores visíveis desde área i, WM é o número total de aerogeradores do parque eólico.

Coefficiente de visibilidade da cidade ou vilarejo desde o parque eólico “b”, este coeficiente mede o número de casas visíveis desde cada

$$b = \frac{\text{número de casas visíveis desde o parque eólico}}{\text{número total de casas da cidade ou vilarejo}}$$

aerogerador, dentre todas as casas da cidade. Este coeficiente é independente do coeficiente “a” e é dado pela expressão:

O seguinte coeficiente de visibilidade analisa o parque eólico como uma forma retangular, ou seja, podendo ser observado de forma frontal, lateral e diagonal, dependendo da posição do observador. Em razão disso um fator “v” é designado para essa avaliação (Tabela 8).

Tabela 8 – Posição de visualização e fator “v” para avaliação

Visão	Fator “v”
Frontal	1,00
Diagonal	0,50
Lateral	0,20

Como também há uma relação direta entre o número de aerogeradores que compõem o parque eólico, uma vez que, por exemplo, a visibilidade de 3 aerogeradores não é a mesma que de 25 inclui-se ao cálculo um fator de quantidade “n” (Tabela 9).

Tabela 9 – Número de aerogeradores e fator “n” para avaliação

Número de aerogeradores	Fator “n”
1 a 3	0,50
4 a 10	0,90
11 a 20	1,00
21 a 30	1,05
Mais de 30	1,10

Desta forma “c” é obtido pela função: $c = n \times v$

O fator distância “d” é mensurado considerando a distância entre o parque eólico e a cidade ou área residencial próxima. Um raio de influência visual e um coeficiente são designados a cada aerogerador. Para distâncias superiores a 6000 metros, ainda que o parque eólico siga visível, o impacto associado será mínimo, e este tornará-se um elemento da paisagem (Tabela 10).

Tabela 10 – Distância de observação e coeficiente “d” para avaliação

Distância X	Coeficiente “d”
$X < 500 \text{ m}$	1,00
$500 < X < 6000 \text{ m}$	$1,05 - 0,0002 * X$
$6000 \text{ m} < X$ (se visível)	0,10

A população afetada é representada pelo fator “e”, levando-se em conta que quanto maior a população maior o impacto, sendo este em áreas densamente povoadas, como cidades (Tabela 11).

Tabela 11 – População afetada e coeficiente “e” para avaliação

Número de pessoas	Coeficiente “e”
>300	1,00
100–300	0,90
50–100	0,60
20–50	0,45
5–20	0,35
1–5	0,20
0	0,00

Por fim chegamos a quantificação do impacto representada por:

$$I = a \times b \times c \times d \times e$$

O produto final desta quantificação do impacto realizada por HURTADO *et al* (2004) resulta em um fator que vai de 0 a 1 e está exposto na Tabela 12.

Tabela 12 – Classificação da gravidade dos impactos visuais (HURTADO *et al*, 2004)

Avaliação Parcial	Nível de Impacto
0,00 – 0,10	Mínimo – a instalação do parque não oferece qualquer impacto.
0,10 – 0,30	Leve – recomenda-se minimizar o impacto com o uso de “camuflagem” (cor e/ou vegetação).
0,30 – 0,50	Médio – sugere-se mudar de local as torres próximas de habitações.
0,50 – 0,70	Sério – parte ou a locação inteira do parque eólica deve ser corrigida.
0,70 – 0,90	Muito Sério – a locação do parque deve ser revista ou corrigida, em parte ou totalmente.
0,90 – 1,00	Grave – não existem razões que justifiquem a instalação do parque.

Outro interessante modelo conceitual para avaliação do impacto isual é o desenvolvido pelo Instituto do Patrimônio Natural Escocês (SNH) em seu guia de melhores práticas para avaliação do impacto visual de parques eólicos de 2002 (

Figura 7).

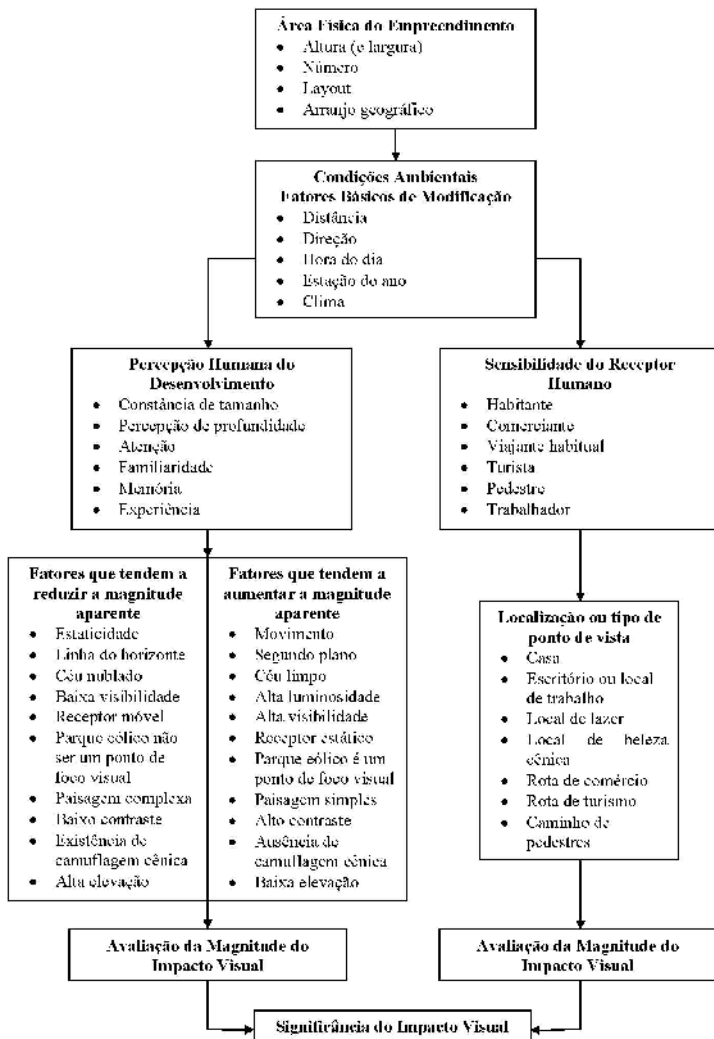


Figura 7 – Fluxograma para avaliação do impacto visual (SNH, 2002)

Numa tentativa de fazer da avaliação de impactos visuais um tema menos subjetivo em 1997 Sinclair elaborou uma matriz com intuito de estimar o potencial de impacto visual de diferentes dimensões de aerogeradores, esta matriz foi revista em 2003 por Thomas em função do surgimento e fabricação de turbinas eólicas de maior diâmetro, como resultado surgiu a matriz de Sinclair-Thomas (Tabela 13).

Tabela 13 – Matriz de Sinclair-Thomas para avaliação do potencial de impacto visual

Matrizes de Thomas e Sinclair-Thomas para avaliação do potencial de impacto visual de diferentes tamanhos de aerogeradores					
Altura da torre do aerogerador (m)		41-45	41-48	53-57	72-80
Descrição	Faixa	Matriz de Thomas		Matriz de Sinclair-Thomas	
		Original	Revisada	Alcance aproximado (km)	
Impacto dominante devido a larga escala, movimento, proximidade e número	A	0-2	0-2	0-2.5	0-3
Grande impacto devido a proximidade: capaz de dominar a paisagem	B	2-3	2-4	2.5-5	3-6
Claramente visível, impacto moderado: potencialmente intrusiva	C	3-4	4-6	5-8	6-10
Claramente visível, impacto moderado: tomando-se menos distinguível	D	4-6	6-9	8-11	10-14
Menos distinguível: tamanho bastante reduzido mas com movimento ainda discernível	E	6-10	9-13	11-15	14-18
Baixo impacto, movimento perceptível em boa luminosidade: tomando-se no geral um elemento da paisagem	F	10-12	13-16	15-19	18-23
Tomando-se indistinguível, com um impacto desprezível na paisagem	G	12-18	16-21	19-25	23-30
Perceptível em boa luminosidade mas com impacto desprezível	H	18-20	21-25	25-30	30-35
Desprezível ou nenhum impacto	I	20	25	30	35
Raio sugerido para análise de Zona de Impacto Visual (ZIV)		15			

Os próprios autores da matriz, Thomas e Sinclair (2004), reconhecem que a matriz é uma representação de certos conceitos gerais, podendo haver imprecisões, em especial nos limites entre as faixas especificadas, e reconhecem a importância da influência das condições locais, direção de observação, ângulo da turbina, contexto da paisagem para uma avaliação mais completa e adequada.

O Instituto do Patrimônio Natural Escocês no guia mencionado anteriormente menciona a matriz de Sinclair- Thomas como uma das abordagens existentes no ramo da avaliação de impacto visual, no entanto ressalta que não há registros da abrangência de uso e aceitação de tal metodologia, conclui ressaltando que o modelo apresenta limites e dificuldades de utilização.

Uma interessante abordagem para compreensão das alterações na paisagem resultante da construção de parques eólicos foi utilizada pela empresa de consultoria britânica Royal Haskoning durante a elaboração dos estudos ambientais para o parque eólico de Wear Point no país de Gales (Infinergy, 2009), com a utilização de ferramentas de GIS, informações de relevo, luminosidade e vegetação na elaboração de um mapa que quantifica a Zona Teórica de Visibilidade do parque eólico (Anexo 3). Outra forma adotada para exemplificar a alteração da paisagem foi a elaboração de fotomontagens inserindo os aerogeradores em fotos panorâmicas tomadas da paisagem na região (Anexos 4, 5, 6, 7).

Os impactos visuais decorrentes do agrupamento de torres e aerogeradores são consideráveis devido às dimensões destes. No entanto, tal impacto decresce rapidamente conforme a distância de observação (Figura 8). Uma espécie de regra não oficial para estes casos mencionada por Wizelius (2007) diz que o impacto visual é marcante sobre a paisagem numa distância de até dez vezes a altura da torre do aerogerador, isto é, no raio de 500 metros para um aerogerador com uma torre de 50 metros de altura.

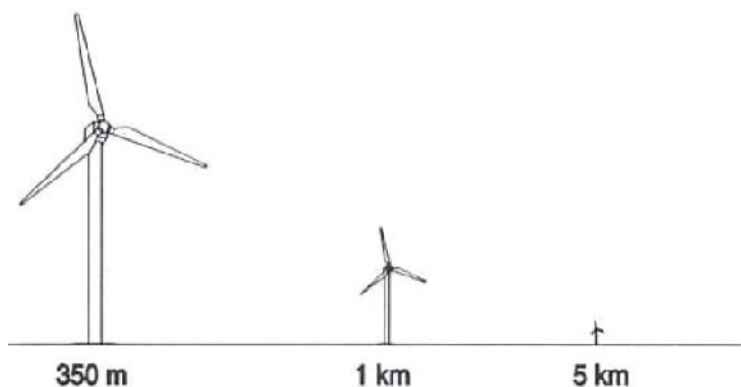


Figura 8 – Impacto visual de um aerogerador conforme a distância de observação (GIPE, 2004)

Wizelius (2007) ainda menciona que os aerogeradores, em geral, podem ser vistos a uma distância de até 400 vezes a altura de sua torre, ou seja, até 20 quilômetros de distância para um aerogerador com torre de 50 metros. Entretanto na distância de cinco quilômetros aproximadamente o aerogerador, de certa forma, já se mistura a paisagem.

As turbinas eólicas têm de ser posicionadas, geralmente, em locais expostos para que tenham um aproveitamento energético e econômico efetivo, por essa razão é importante que os engenheiros encarregados do projeto considerem a aparência das turbinas e arranjo do parque eólico logo em um estado inicial do estudo, uma vez que alterações simples podem reduzir significativamente o grau deste impacto.

Outro fator pouco comentado, porém de significativo valor no estudo paisagístico é a avaliação positiva da instalação de aerogeradores. Para muitos a presença deste instrumento dadas as suas características de inovação e vínculo direto com o pensamento de desenvolvimento sustentável, aliada ao fato de ser uma energia limpa, pode ser benéfica na valoração paisagística e inclusive tornar-se um atrativo turístico.

6.3. Geração de ruídos e sombras

Ruído pode ser definido como um som desagradável ou indesejado, sua medição é quantitativa e existem leis específicas para seu controle, no entanto há também um elemento subjetivo. Manwell (2002) classifica os efeitos do ruído proveniente das turbinas eólicas em duas categorias principais:

- Efeitos subjetivos incluindo aborrecimento, incômodo, insatisfação;
- Interferência em atividades como a conversa.

O ruído proveniente das turbinas eólicas tem duas origens: mecânica e aerodinâmica. O ruído mecânico tem sua principal origem da caixa de engrenagens, que multiplica a rotação das pás para o gerador. O ruído aerodinâmico é um fator influenciado diretamente pela velocidade do vento incidente sobre a turbina eólica (Wizelius, 2007).

A associação europeia de energia eólica (EWEA) em sua publicação de 2004 “*Wind Energy – The Facts*” comenta que assim como nos outros impactos relativos a energia eólica a percepção de ruído depende das características do local (zona rural, urbana, topográfica), do número, da distância dos aerogeradores para as residências e do tipo da comunidade afetada (residencial, industrial, turística). A interação desses fatores reduz ou aumenta a percepção dos ruídos provenientes de parques eólicos.

Segundo Tolmasquim (2004), a tecnologia atual mostra que é possível a construção de turbinas eólicas com níveis de ruído bem menores, visto que as engrenagens utilizadas para multiplicar a rotação do gerador podem ser eliminadas caso seja empregado um gerador elétrico que funciona em baixas rotações (sistema multipolo de geração de energia elétrica). O ruído de origem aerodinâmica, por sua vez, relaciona-se com a velocidade do vento sobre a turbina eólica e a sua redução está ligada ao design das pás e da própria torre.

Os fatores mais importantes que afetam a propagação do som são: tipo de fonte sonora, distância da fonte, velocidade do vento (previamente mencionada), temperatura, umidade e presença de barreiras, como árvores ou construções.

Em comparação a outras indústrias, as centrais eólicas são extremamente silenciosas. Mesmo em zonas rurais onde os ruídos de fundo são baixos o som do próprio vento mascara qualquer som que a própria geração de energia possa produzir. A uma distância de 350

metros das turbinas a pressão sonora varia de 35 a 45 decibéis (Figura 9), um valor equivalente aos ruídos existentes dentro de uma residência comum (GWEC, 2008).



Figura 9 – Escala de pressão acústica em decibéis (GWEC, 2008)

O nível de ruído permitido, assim como a distância mínima entre uma turbina e a residência mais próxima para cada zona deve ser estabelecido conforme a lei local. As recomendações de pressão acústica máxima para alguns países europeus estão descritas na Tabela 14.

Tabela 14 – Níveis de ruídos permitidos para cada área em decibéis (Wizelius, 2007)

País	Escritórios/ Indústrias	Zonas Residenciais	Zonas Rurais	Áreas de Recreação
Dinamarca	-	45	40	40
Alemanha	50-70	40	45	35
Holanda	40	35	30	-
Reino Unido	+5*	+5*	+5*	-
França	+3*	+3*	+3*	+3*
Noruega	40	40	40	40
Suécia	50	40	40	35

* incremento máximo em relação aos ruídos de fundo

No Brasil os níveis máximos de ruídos são estabelecidos pela NBR10151 de 1998: “Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade - Procedimento”. Nela o Nível Critério de Avaliação (NCA) para ruídos em ambientes externos é

estabelecido de acordo com a **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

Tabela 15 – Nível Critério de Avaliação NCA para ambientes externos, em dB(A) (ABNT, 1998)

Tipos de áreas	Diurno	Noturno
Áreas de sítios e fazendas	40	35
Vizinhanças de hospitais (200 m além divisa)	45	40
Área estritamente residencial urbana	50	45
Área mista, predominantemente residencial, sem corredores de trânsito	55	50
Área mista, com vocação comercial e administrativa, sem corredores de trânsito	60	55
Área mista, com vocação recreacional, sem corredores de trânsito	65	55
Área mista até 40 m ao longo das laterais de um corredor de trânsito	70	55
Área predominantemente industrial	70	60

Em relação à distância mínima entre um aerogerador e uma residência Wizelius (2007) menciona que esta deve ser, usualmente, equivalente a 6 a 10 vezes o diâmetro do rotor da turbina.

Existem no mercado programas computacionais baseados em GIS, como o dinamarquês WindPRO, que com dados de topografia, superfície terreno, construções existentes nas proximidades, arranjo do parque eólico, modelo e características da turbina eólica, calcula a propagação sonora e o atendimento ou não a legislação (Figura 10).

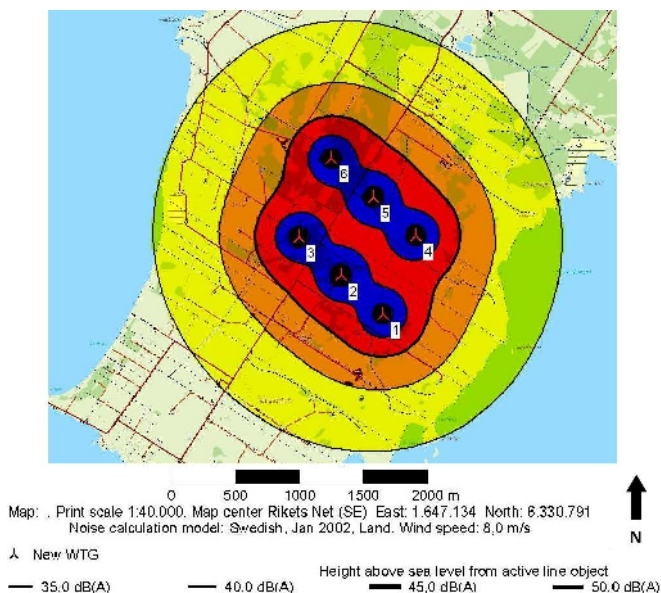


Figura 10 – Exemplo de cálculo da propagação do ruído de uma central realizado no WindPRO

A geração de sombras pelos aerogeradores, assim como a alteração na paisagem ocorre em razão das grandes dimensões da turbinas eólicas modernas. Este impacto é pouco mencionado e de certa forma reduzido devido às distâncias mínimas existentes entre uma turbina e uma residência por razões de ruído.

Ao efeito resultante da rotação da projeção de sombra das pás do aerogerador quando o sol está em determinado ângulo em relação ao aerogerador dá-se o nome de efeito estroboscópico, ou *shadow flicker* como este é referido em publicações internacionais. A Figura 11 mostra as sombras projetadas do parque eólico de Nygårdshus na Suécia.



Figura 11 – Sombras projetadas pelos aerogeradores do parque eólico de Nygårdshus (BRITSE, 2004)

A sombra projetada pode causar perturbações às pessoas que se encontram no interior de edifícios, casas ou qualquer outra construção. Na Europa geralmente a obtenção das licenças ambientais para instalação de um parque eólico leva em consideração o aspecto das sombras, no entanto as análises são feitas somente em critérios físicos, desconsideram pessoas que possam ser fotosensíveis (Harding *et al*, 2008).

Pessoas fotosensíveis podem sofrer episódios convulsivos no caso de exposição sombras em rotação, geralmente as frequências que podem causar distúrbios estão na faixa dos 2,5Hz a 20Hz. O efeito estroboscópico sobre humanos é similar ao causado pela variação da intensidade da luz emitida por uma lâmpada incandescente (Harding *et al*, 2008).

Grandes aerogeradores usualmente operam numa frequência entre 30 e 60 revoluções por minuto. A maioria possui três pás e funciona a velocidade constante, a 60 rpm produzem um efeito flicker da ordem de 3Hz. Aerogeradores que rotacionem mais rápido ou que possuam mais pás produzirão sombras em frequências com alto risco de provocar convulsão segundo Verkuijlen & Westra (1984). Por esta razão os mesmos autores recomendaram que a instalação de aerogeradores só ocorra caso estes operem sob uma frequência de sombras em rotação inferior a 2,5Hz em qualquer condição.

Assim como no caso dos ruídos modelos computacionais como o WindPRO permitem calcular quantas horas de sombra uma residência na proximidade de um parque eólico poderá sofrer ao longo do ano (Figura 12). No Brasil não há uma normatização quanto a sombras, no

entanto na Suécia a lei exige que uma residência nas proximidades de um parque eólico não sofra com os movimentos da sombra de um aerogerador mais 30 horas por ano ou 30 minutos em um dia (Wizelius, 2007).

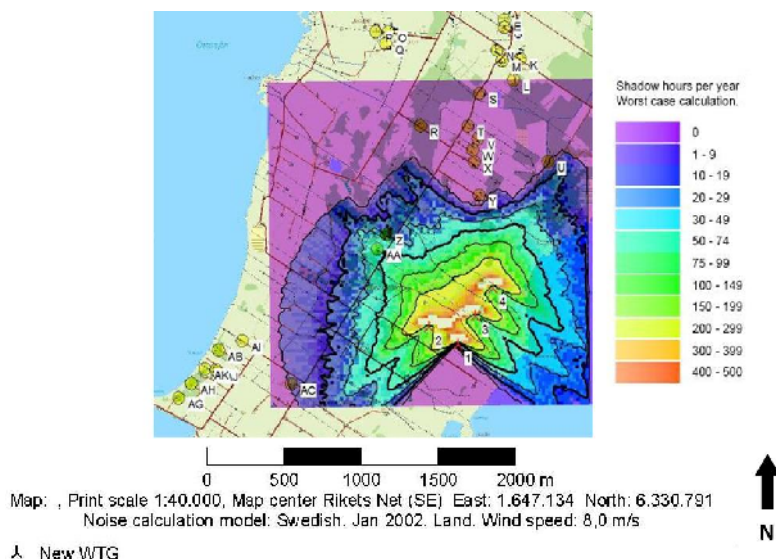


Figura 12 – Exemplo de cálculo de sombras de uma central eólica realizado no WindPRO

6.4. Impactos sobre a avifauna

A implantação de um parque eólico implica em uma modificação da paisagem natural, sobretudo devido às dimensões dos aerogeradores. A elevada altura das torres e o tamanho das pás do rotor constituem elementos que podem impactar a vida das aves.

Desholm (2006) afirma que independente do local onde uma turbina eólica for erguida, pássaros irão colidir com a mesma, logo a questão relevante não é se haverá colisões, mas sim qual a magnitude dessas causalidades. Pássaros podem colidir-se diretamente com partes estáticas (torre) ou partes em movimento (pás, rotor), podem sofrer ainda com a turbulência gerada atrás dos rotores.

Fox et al apontam três classes de fatores de risco para as aves, estas são:

- Comportamental, quando as aves evitam a proximidade das turbinas como uma resposta comportamental a um estímulo visual e/ou sonoro;
- Habitat físico, quando as aves respondem a destruição, alteração ou criação de habitat associados com a construção de infraestrutura do aerogerador;
- Demográficos, resultantes da mortalidade decorrente de colisões com as estruturas.

Estes fatores estão mais bem exemplificados no diagrama a seguir (Figura 13):

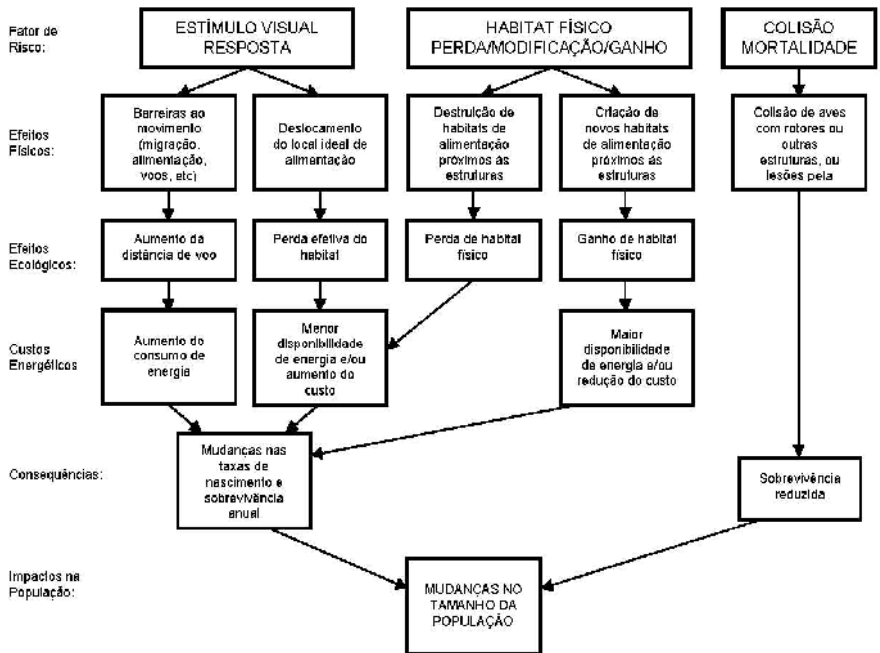


Figura 13 – Fluxograma demonstrando os três principais fatores de risco às aves em parque eólicos (DESHOLM, 2006)

Um dos casos mais notórios de mortandade de aves por parque eólicos ocorreu na região sul da Espanha quando diversos abutres

colidiram-se com os aerogeradores do parque de Tarifa. Um rápido estudo encontrou como razão para este fato um aterro sanitário localizado nas proximidades, com a relocação do aterro as colisões cessaram.

Na Noruega o parque eólico localizado no arquipélago de Smøla registrou em 2005 um aumento incomum na mortalidade de águias de cauda branca. Um estudo apontou como causa o choque com aerogeradores. Desde então o instituto norueguês para pesquisa da natureza (NINA) passou a acompanhar a movimentação de aves na região, marcando-as e monitorando-as por meio de GPS (Figura 14) e radar (Figura 15). Foi criado também um programa para avaliação dos conflitos entre aves e aerogeradores na costa norueguesa.

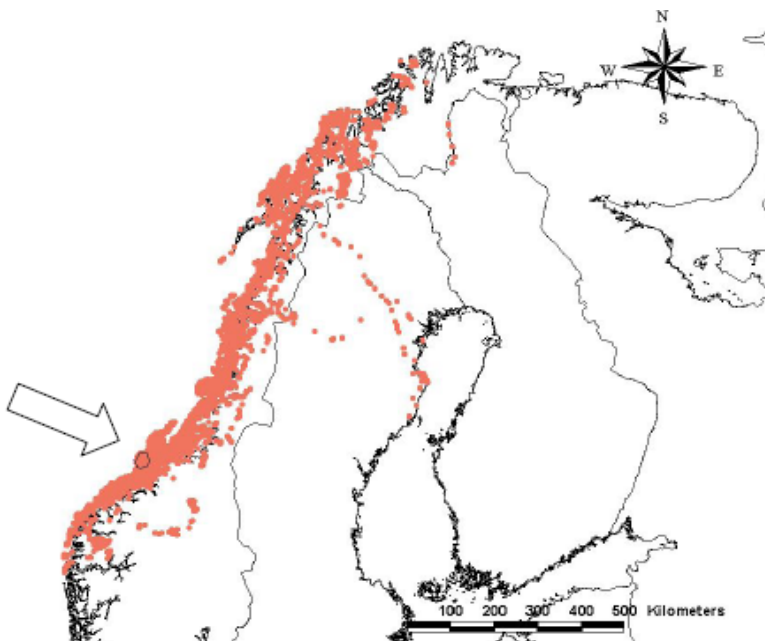


Figura 14 – Todas as posições de águias de cauda branca monitoradas por GPS pelo parque de Smøla entre 2003 e 2009 (número de aves, 25 machos e 20 fêmeas)

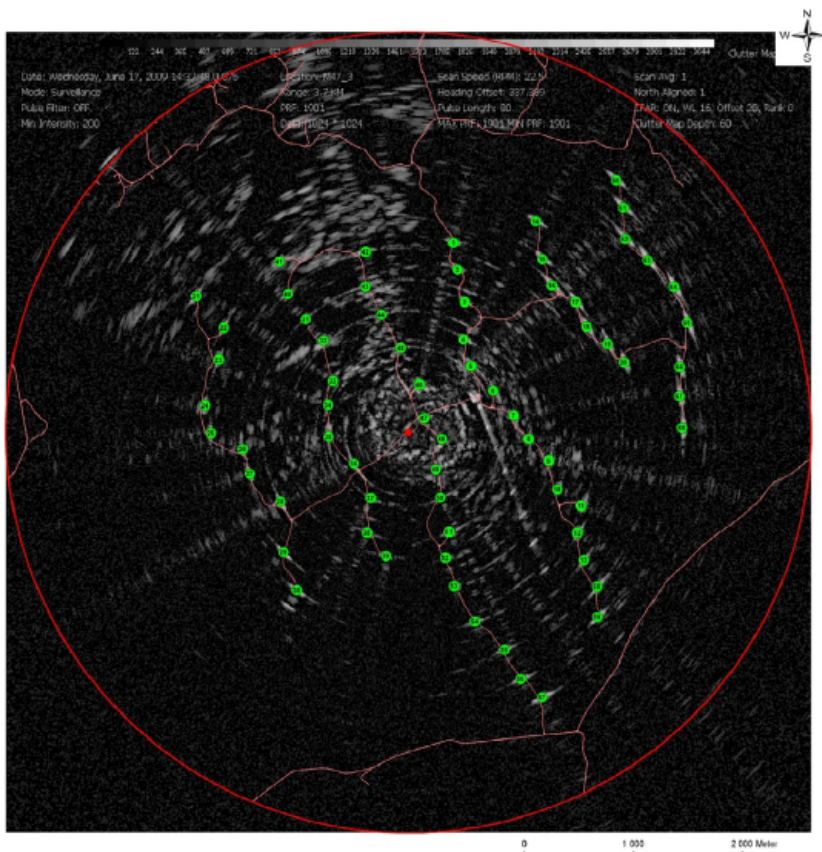


Figura 15 – Imagem do radar instalado para estudo da movimentação de aves no parque de Smøla em verde estão representados os aerogeradores

No entanto, estudos já mostraram que fora das rotas de migração raramente os pássaros são incomodados pelas turbinas e que eles tendem a mudar sua rota de voo entre 100 a 200 metros, passando acima ou ao redor da turbina, em distâncias seguras. Na Alemanha, morrem mais pássaros vitimados pelo impacto em torres de antenas do que em turbinas eólicas (Tolmasquim, 2004). Nos Estados Unidos pesquisas científicas estimaram o número de morte de aves por diferentes causas (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**16).

Tabela 16 – Mortalidade de aves nos EUA por ano (SAGRILLO, 2003)

Causa	Mortalidade (em milhões de aves por ano)
Linhas de transmissão	130-174
Carros e caminhões	60-80
Edifícios	100-1000
Torres de telefonia	40-50
Pesticidas	67
Gatos	39
Aerogeradores	0,0064

As estatísticas de choque de aves com aerogeradores na região Navarra na Espanha apontou para um total de 1000 turbinas uma taxa de mortalidade de 0,1 a 0,6 colisões por turbina por ano. No Canadá as fatalidades de aves por aerogeradores foi menor que 1 para cada 10000 Gráfico 7).



Gráfico 7 – Causas da morte de aves no Canadá por ano (GWEC, 2008)

Outros estudos, realizados pela Universidade de Duke nos Estados Unidos (TUCKER, 1996), concluíram que, diferentemente do que se pensava, o índice de segurança para as aves em relação a um aerogerador aumenta quanto maior é o diâmetro do rotor.

A avifauna também pode ser impactada pelo afugentamento de espécies em razão dos aerogeradores. Este efeito varia conforme a

espécie, mas a maioria das aves não se sente ameaçadas pelas turbinas e tendem a se acostumar com elas rapidamente (Wizelius, 2007).

O Ministério do Meio Ambiente espanhol em seu documento “*Directrices para la Evaluación del Impacto de los Parques Eólicos en Aves y Murciélagos*” de 2008, aponta além dos choques e do afugentamento outros efeitos que os parques eólicos podem ter sobre as aves, como: perturbações em geral; destruição de ninhos durante a implantação; efeito barreira, os parques constituem uma barreira para a mobilidade das aves, já que fragmentam a conexão entre suas áreas de reprodução, desenvolvimento e alimentação.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As três categorias de impactos ambientais revisadas neste trabalho foram, como demonstrado, extensamente estudadas, no entanto muitos estudos são conflitantes e não há única metodologia a se seguir nesse sentido. Parte deste problema reside no fato que certos impactos, como o visual, mesmo com a existência de metodologias baseadas em ferramentas de georeferenciamento e matrizes que visam sua quantificação ainda são julgados, tanto por leigos como especialistas, como um impacto de caráter subjetivo, dificultando sua avaliação.

O aspecto acústico por sua vez é facilmente quantificável, havendo diversas demonstrações dos ruídos típicos gerados por turbinas eólicas e recomendações quanto a distância de posicionamento destas em relação a áreas residenciais. A própria ABNT em sua norma NBR10151 de 1998: “*Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade - Procedimento*”, especifica os níveis máximos de ruído (diurno e noturno) aceitáveis para cada tipo de área.

O campo da geração de sombras por sua vez é controverso, no Brasil e em muitos outros países não há qualquer menção a distância mínima entre residências e aerogeradores em função das sombras das pás em rotação, tem-se como guia que ao adotar normas relativas a ruídos estas também supririam as distâncias mínimas relativas a sombras.

Na Europa a obtenção das licenças ambientais prevê uma análise do aspecto das sombras, no entanto não foi encontrada menção a locais que realizem estudos considerando também pessoas fotosensíveis que podem sofrer episódios convulsivos pela exposição às sombras em rotação. Este público seria uma minoria, segundo dados da Organização

Mundial de Saúde, aproximadamente 50 milhões de pessoas ao redor do mundo, o equivalente a 0,74% da população mundial. O que faz com que este impacto seja de forma negligenciado na realização de estudos ambientais.

Ainda assim, como demonstrado na revisão, modelos computacionais como o WindPRO permitem estimar quantas horas de sombra uma residência poderá estar sujeita durante a operação de um parque eólico e assim servir de embasamento para uma eventual realocação da turbina ou da família residente.

No âmbito do impacto sobre a avifauna estudos enfocam na questão do choque de aves com as estruturas dos parques como turbinas, torres, linha de alta tensão, entre outros, porém um parque eólico pode provocar outros distúrbios à avifauna, como modificações no habitat ou hábitos alimentares. No entanto, estudos prévios à instalação do empreendimento, como análise de rotas de aves migratórias e planos de manejo, podem reduzir consideravelmente os danos deste impacto.

A inexistência de uma padronização no processo de licenciamento ambiental, não somente para o caso de parques eólicos, revela-se como um entrave ao desenvolvimento de obras fundamentais de infraestrutura.

Já houve bastante progresso nesta área a própria Resolução nº279 do Conselho Nacional de Meio Ambiente foi um avanço na flexibilização dos estudos ambientais, abrindo espaço para os estudos simplificados quando aplicável enquanto anteriormente qualquer projeto era regido pelo estudo de impacto ambiental mais complexo e demorado, no entanto os critérios adotados não somente para projetos eólicos como também para outras obras não leva em consideração as características chave do empreendimento. Por exemplo, uma hidroelétrica deveria ter sua implementação embasada na área a ser alagada por seu reservatório, uma central eólica em função da área ocupada, ao invés de se ter como critério único a potência energética instalada.

Este fator torna a propagação de fontes de energia limpas e sustentáveis mais lenta, favorecendo algumas vezes termelétricas, ou outras fontes convencionais, dado que os impactos destes empreendimentos já são amplamente conhecidos e, portanto, possuem exigências ambientais para o licenciamento mais claramente delineadas.

8. CONCLUSÃO

A energia eólica é uma das fontes renováveis que apresenta mais vantagens e menos riscos ambientais na geração de energia elétrica. Em todo o mundo, o uso dessa fonte na geração de eletricidade tem sido constantemente difundido e se espera um crescimento ainda mais significativo para os próximos anos.

As usinas eólicas são com o passar dos anos empreendimentos atraentes aos investidores em função de terem um custo/benefício compatível com o do setor, contarem com um avanço tecnológico relativamente veloz e acessível, haja vista a evolução de potência das turbinas e a exploração dos ventos em alturas cada vez maiores.

O menor risco ambiental faz com que possuam melhor aceitação pela sociedade, no mesmo sentido, aproveita-se uma fonte natural sem provocar modificações nos regimes de ventos ou exaustões de gases e fumaça. Mesmo apresentando, como toda fonte geradora de energia, impactos ambientais de certa magnitude, conforme visto neste trabalho, estes são menores que os de fontes energéticas convencionais e até mesmo de algumas fontes renováveis de energia.

O aproveitamento dos ventos para geração de energia elétrica deve ser incentivado, dadas além das vantagens ambientais, o alto potencial brasileiro para geração de energia eólica.

O próprio fato de o potencial eólico estar distribuído por diversas regiões do país permite que se tenha uma geração de energia descentralizada, com centros consumidores mais próximos da geração e sem incorrer em perdas na transmissão da energia por longas distâncias.

Os ciclos eólicos e hídricos são atuam em regimes distintos, o que permite que em períodos de seca, quando as hidroelétricas não conseguem suprir a demanda nacional e atualmente as usinas termelétricas são acionadas para manter a oferta energética; este papel de complementaridade poderia ser exercido por centrais eólicas cumprindo um papel signficante na diversificação da matriz energética nacional e assim suprir a crescente demanda energética existente.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade - Procedimento**. NBR10151. Rio de Janeiro, novembro 2008.

BOST, G. **Journal of The International Molinological Society**. 63^a Ed. TIMS. Berlim, setembro 2002.

BRASIL. ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Banco de Informações de Geração – BIG**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/15.htm>>. Acesso em 3 de Junho de 2010.

_____. ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. 3^a Edição. Brasília: Aneel, 2008.

_____. ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. 2^a Edição. Brasília: Aneel, 2005.

_____. CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente. **resolução nº 279, de 27 de junho de 2001**. Estabelece procedimentos para o licenciamento ambiental simplificado de empreendimentos elétricos com pequeno potencial de impacto ambiental.

BRITSE, G. **Wind Power Photos**. Disponível em: <<http://www.windpowerphotos.com>>. Acesso em 6 de Junho de 2010.

CEC – Commission for Environmental Cooperation. **Non Air Benefits of Renewable Energy Sources**. Montreal, fevereiro 2009.

CHESF-BRASCEP. **Energia Eólica. Volume 1 - De cata-ventos a aerogeradores: o uso do vento**. Rio de Janeiro, 1987.

CRESESB – Centro de Referência para Energia Solar e Eólica **Atlas do Potencial Eólico Brasileiro**. Brasília, 2001.

De ABREU, Y. V. **A Reestruturação do Setor Elétrico Brasileiro: Questões e Perspectivas**. Dissertação de Mestrado – USP. São Paulo, 1999.

DESHOLM, M. **Wind farm related mortality among avian migrants – a remote sensing study and model analysis**. PhD thesis. Copenhagen: University of Copenhagen, 2006.

ENERCON. **Construction of world's most powerful wind turbines in progress in Emden**. Notícia. Disponível em: <<http://www.enercon.de>>. 2008.

ESPAÑA. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. **Directrices para la Evaluación del Impacto de los Parques Eólicos en Aves y Murciélagos**. Madri, 2008.

EWEA – European Wind Energy Association. **The Economics of Wind Energy**. Bruxelas, 2009.

GIL, A. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4ª Ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GIPE, P. **Wind Power**. Londres: James & James, 2004.

GWEC – Global Wind Energy Council. **Global Wind Report 2009**. Bruxelas, 2010.

HARDING, G. ; HARDING, P. ; WILKINS, A. **Wind turbines, flicker and photosensitive epilepsy: Characterising the flashing that may precipitate seizures and optimising guidelines to prevent them**. Colchester: University of Essex, 2008.

HURTADO, J. **Spanish method of visual impact evaluation in wind farms**. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2004.

INFINERGY. **Environmental Statement for the Wear Point Wind Farm**. Pembrokeshire: 2009.

MALHOTRA, N.K. **Pesquisa de marketing: uma orientação aplicada**. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2001. 245p.

MANWELL, J. ; MCGOWAN, J. ; ROGERS, A. **Wind Energy Explained – Theory, Design and Application**. Londres: John Wiley & Sons LTD, 2002.

MÖLLER, B. **Changing wind power landscapes: regional assessment of visual impact on land use and population in Northern Jutland, Denmark**. Applied Energy, 2005.

NETO, A. *et al.* **Estimativa preliminar do potencial eólico do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis, 2004.

NINA. **Pre- and post-construction studies of conflicts between birds and wind turbines in coastal Norway. Report 505**. Trondheim: 2009.

PIRES, J. **Desafios da Reestruturação do Setor Elétrico Brasileiro – Texto para discussão nº 7**. Rio de Janeiro: BNDS, 2000.

SAGRILLO, M. **Putting wind power's effect on birds in perspective**. AWEA, 2006.

SÁNCHEZ, L. **Avaliação de Impacto Ambiental: conceitos e métodos**. São Paulo: Oficina dos Textos, 2006.

SANTA CATARINA. Conselho Estadual do Meio Ambiente de Santa Catarina. **Resolução nº 03 de 2008**. Aprova a Listagem das Atividades Consideradas Potencialmente Causadoras de Degradação Ambiental passíveis de licenciamento ambiental pela Fundação do Meio Ambiente – FATMA e a indicação do competente estudo ambiental para fins de licenciamento.

_____. Fundação do Meio Ambiente. **Instrução Normativa nº 53 de julho de 2009**. Define sobre a Produção de Energia Eólica.

SMCQ. Pesquisa sobre licenciamento ambiental de parques eólicos. Brasília, 2010.

SCOTTISH NATURAL HERITAGE. Visual Assessment of Windfarms: Best Practice. Edimburgo: University of Newcastle, 2002.

SINCLAIR, G. ; THOMAS, G. The Potential Visual Impact of Wind Turbines in relation to distance: an approach to the environmental assessment of planning proposals. Environment Information Services, 2004.

TOLMASQUIM, M. Alternativas energéticas sustentáveis no Brasil. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 2004.

TSOUTSOS, T. ; TSOUCHLARAKI, A. ; TSIROPOULOS, M. ; SERPETSIDAKIS, M. Visual impact evaluation of a wind park in a Greek island. Applied Energy, 2009.

TUCKER, V.A. A mathematical model of bird collisions with wind turbine rotors. Journal of Solar Energy Eng., 1996.

VERKUIJLEN, E. ; WESTRA, C.A. Shadow Hindrance by Wind Turbines. Proceedings of the European Wind Energy Conference, 1984.

WALD, M. Cost Works Against Alternative and Renewable Energy Sources in Time of Recession. The New York Times, 28 de março de 2009.

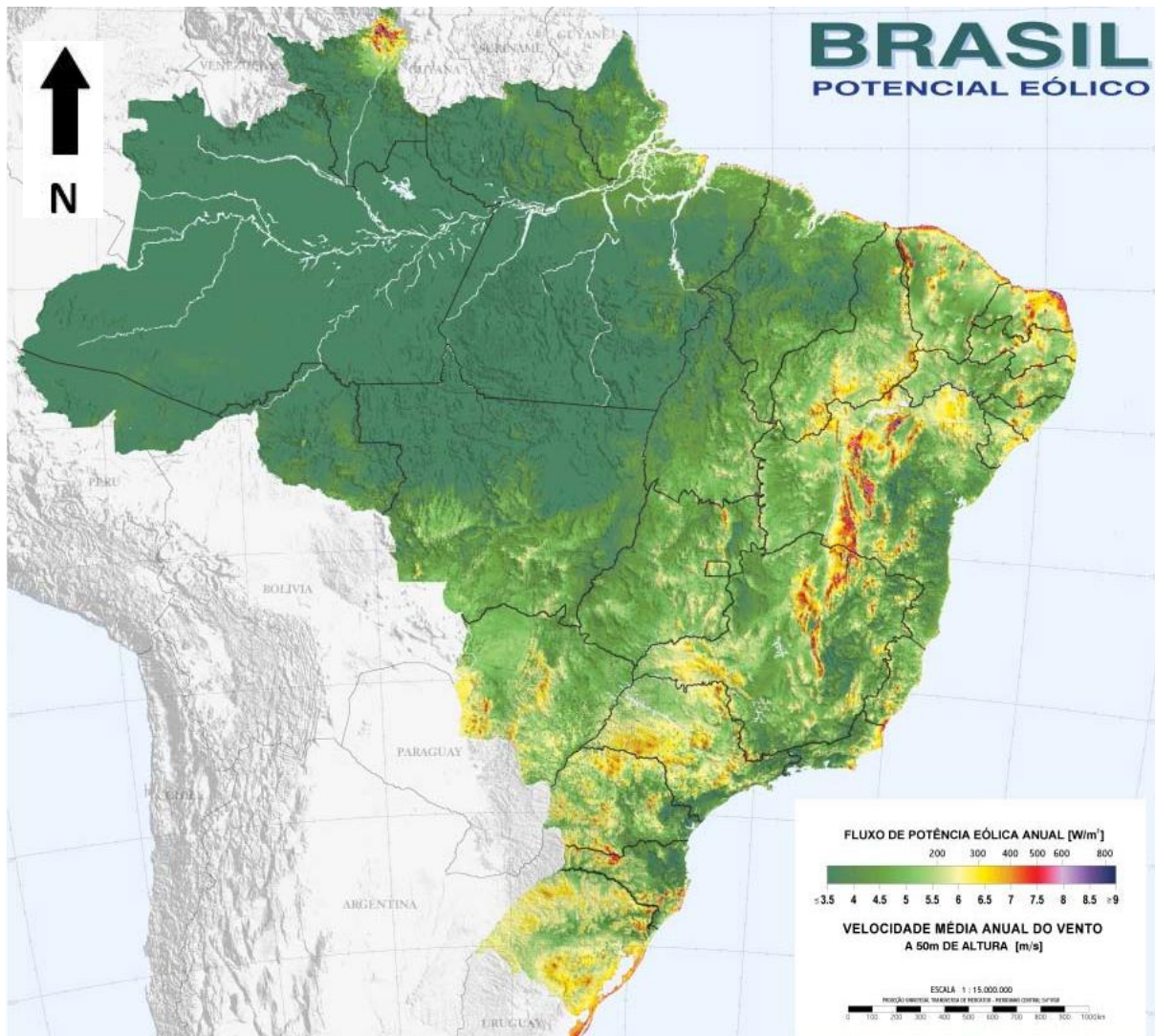
WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION. Fact sheet 999 – Epilepsy. Suíça, 2009.

WIND DIRECTIONS. Debunking the Myths: Wind Power is Unreliable. Março/Abril 2007.

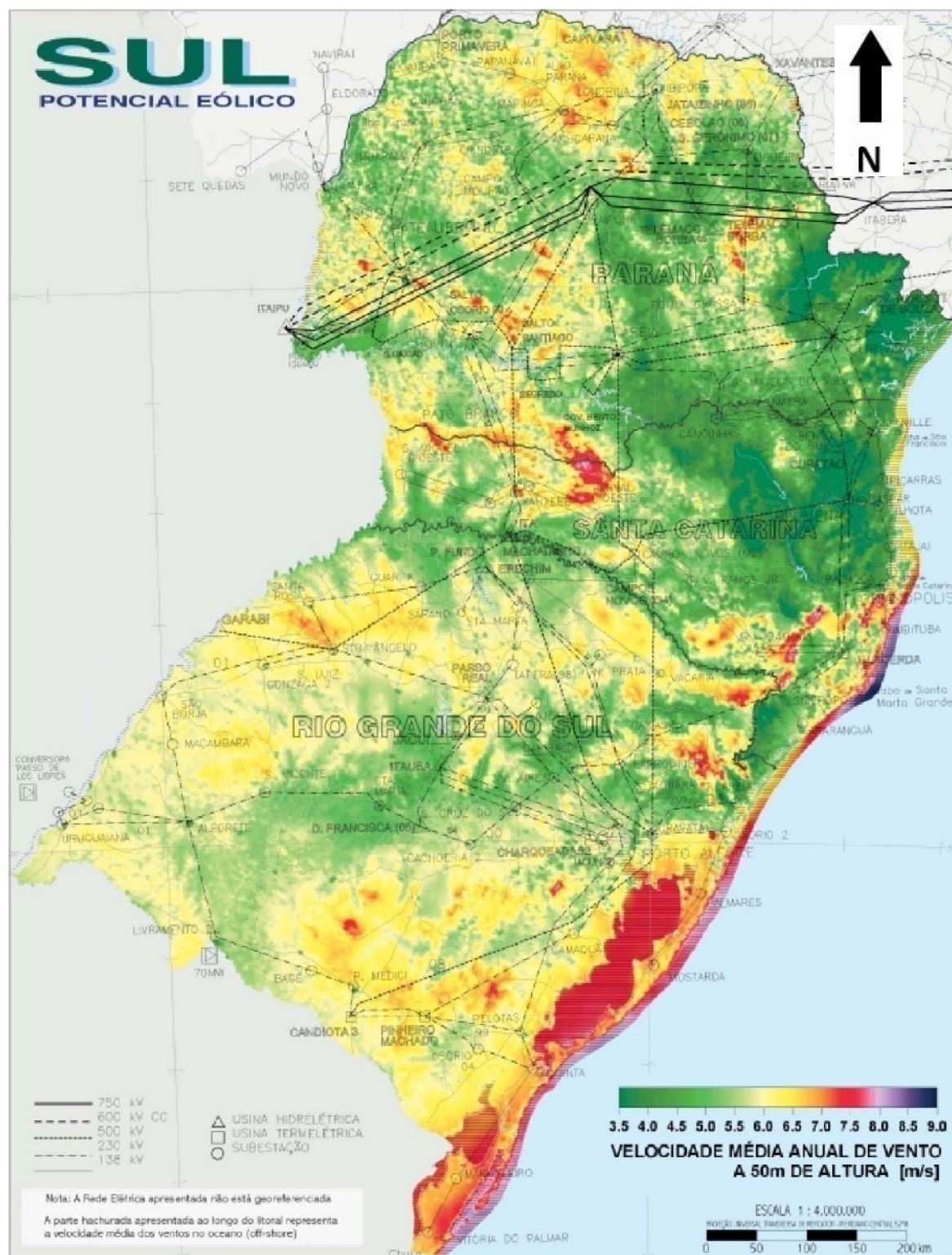
WIZELIUS, T. Developing Wind Power Projects. Londres: Earthscan, 2007.

ANEXO

1. POTENCIAL EÓLICO ANUAL - VELOCIDADE MÉDIA ANUAL DOS VENTOS NO BRASIL A 50 METROS DE ALTURA

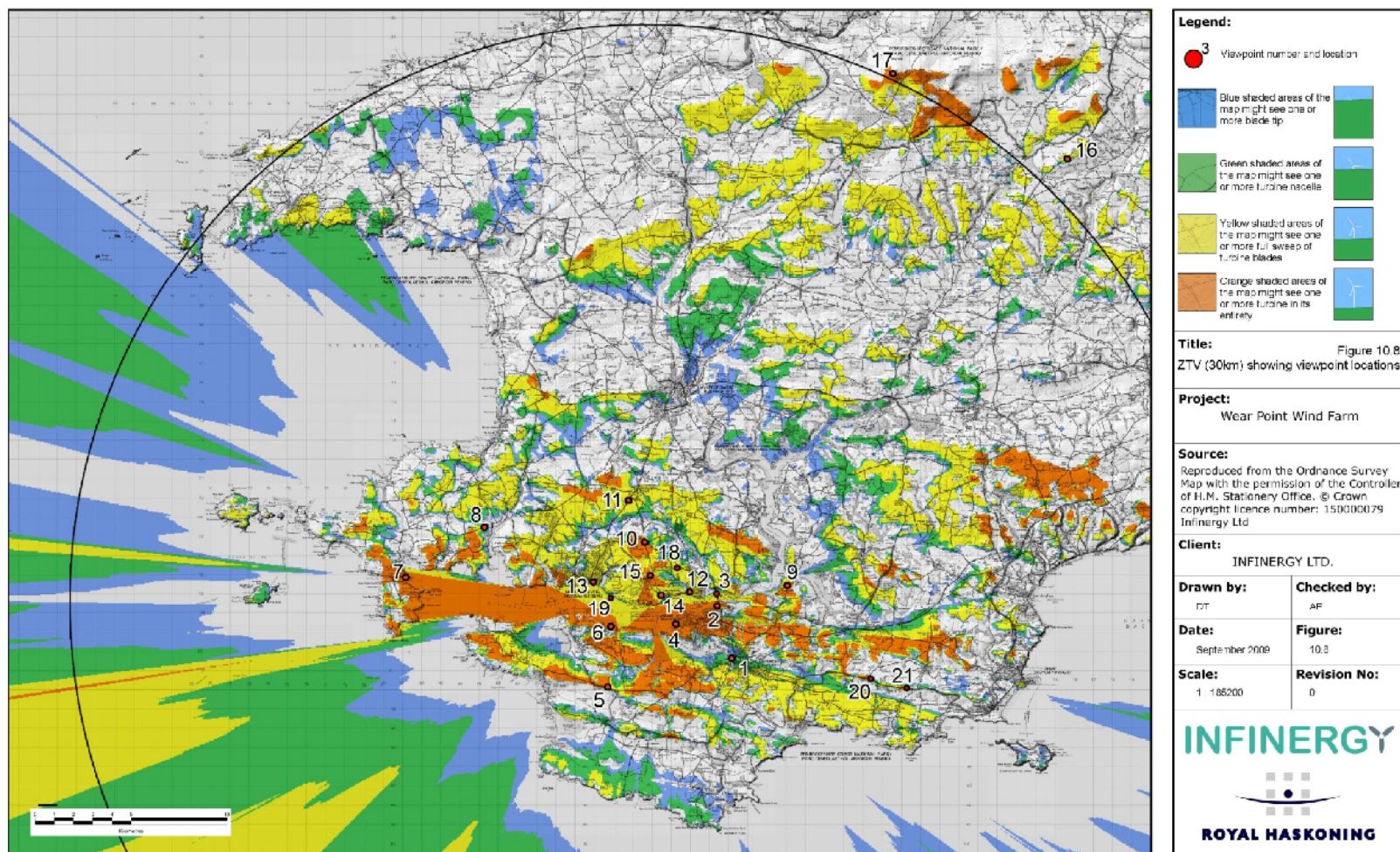


2. VELOCIDADE MÉDIA ANUAL DOS VENTOS NA REGIÃO SUL DO BRASIL A 50 METROS DE ALTURA

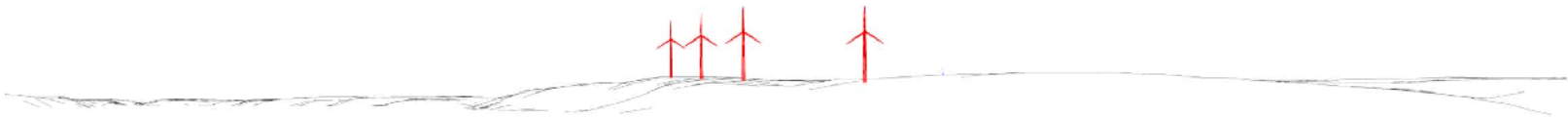


3. ZONA DE VISIBILIDADE TEÓRICA DO PARQUE EÓLICO DE WEAR POINT

Figure 10.8 : ZTV (30km) showing viewpoint locations



4. AVALIAÇÃO DO IMPACTO VISUAL POR FOTOMONTAGEM - PARQUE EÓLICO DE WEAR POINT



Computer generated wire drawing

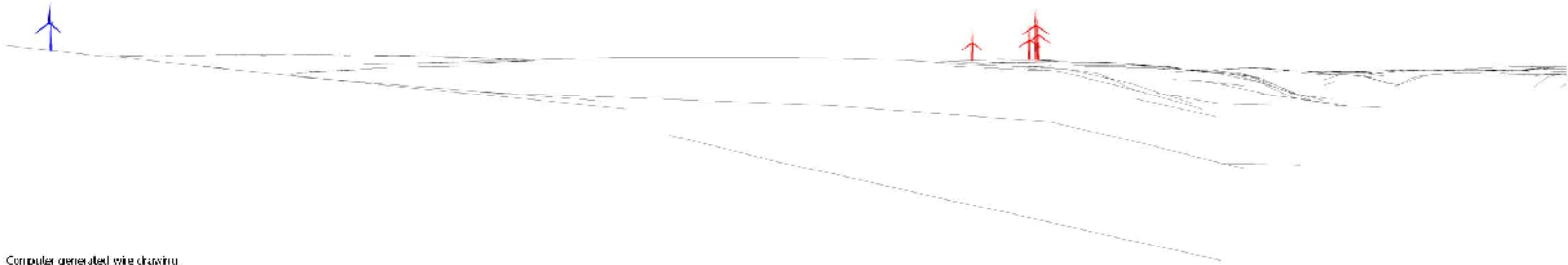
<div>Location of study area: 50° 52' 30" N, 1° 13' 30" W</div> <div>Scale: 1:1000</div> <div>INFINERGY</div>	Date of Photograph	11/11/2018	Viewpoint grid reference	11952912 EPO00170	turbine hub height	70m	Wear Point Wind Farm Viewpoint 4 - Pennar Point
	Time of Photograph	10:53	Viewpoint ground elevation	13.9m	turbine tip height	103m	
	Camera Type	Canon EOS 102	Camera height above ground	1.2m	Distance to nearest turbine	1.8km	
	Camera Lens	50mm	Viewing direction to middle of site	306°	Number of turbine tips visible	4	
	Included angle	40°			Number of turbine hubs visible	4	
	Viewing dist. for best monocular perspective		319m	<div>↑ West 11° 10' 11"</div> <div>↑ East 8° 11' 11"</div>			

5. AVALIAÇÃO DO IMPACTO VISUAL POR FOTOMONTAGEM - PARQUE EÓLICO DE WEAR POINT






<div>Tender and copyright remaining to Preston CD, Inshore</div> <div><div><div><div><div><div></div></div></div><div><div><div></div></div></div><div><div><div></div></div></div></div><div>ROYAL HASKINING</div><div>INFENERGY</div></div></div>	Date of Photograph	11/11/06	Viewpoint grid reference	C195242 N203370	Turbine hub height	70m	Wear Point Wind Farm	
	Time of Photograph	10:53	Viewpoint ground elevation	13.9m	Turbine tip height	105m		Viewpoint 4 - Pennar Point
	Camera Type	Canon EOS 40D	Camera height above ground	1.7m	Distance to nearest turbine	1.6km		
	Camera Lens	50mm	Viewing direction to middle of site	306°	Number of turbine tips visible	1		
	Included angle	70°			Number of turbine hubs visible	1		
Viewing dist. for best monocular perspective		31.9mm	<div>↑ Wear Point ↑ Castle Pk ↑ Chimneys to be removed</div>					

6. AVALIAÇÃO DO IMPACTO VISUAL POR FOTOMONTAGEM - PARQUE EÓLICO DE WEAR POINT




Computer generated wire drawing

	Date of Photograph	11/11/05	Viewpoint grid reference	Q90942 N205612	Turbine hub height	70m	Wear Point Wind Farm Viewpoint 13 A477, Milford Haven
	Time of Photograph	16:25	Viewpoint ground elevation	26.1m	Turbine tip height	105m	
	Camera Type	Canon EOS 40	Camera height above ground	1.7m	Distance to nearest turbine	2.6km	
	Camera Lens	50mm	Viewing direction to midline of site	112°	Number of turbine tips visible	1	
	Included angle	70°			Number of turbine hubs visible	1	
	Viewing dir. for best monocular perspective		319mm	 Wear Point  Castle Hill			

7. AVALIAÇÃO DO IMPACTO VISUAL POR FOTOMONTAGEM - PARQUE EÓLICO DE WEAR POINT



Technical analysis results by Evolution 3D Limited for:  INFINERGY	Date of Photograph Time of Photograph Camera Type Camera Lens Included angle Viewing dist. for best monocular perspective	11/11/08 16:25 Canon EOS 30D 50mm 40° 3190mm	Viewpoint grid reference Viewpoint ground elevation Camera height above ground Viewing direction to middle of site ↑ Wear Point ↑ West Hill ↑ Cliff top to Se. Fairhead	1190912 N205612 26.3m 1.7m 112° Cliff top to Se. Fairhead	Turbine hub height Turbine tip height Distance to nearest turbine Number of turbine tips visible Number of turbine hubs visible	70m 109m 2.0km 4 4	Wear Point Wind Farm Viewpoint 13 A477, Milford Haven